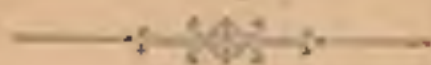
Biblioteca di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali
(COLLEZIONE PARAVIA)

CARLO ANFOSSO
Prof. di Storia Naturale nel Liceo T. Mamiani di Roma, Dott. in Medicina

GEOGRAFIA FISICA
E
GEOLOGIA

PER IL LICEO

CON APPLICAZIONI SPERIMENTALI

(137 Incisioni intercalate nel testo)

1905
DITTA G. B. PARAVIA E COMP.
(Figli di I. Vigliardi-Paravia)
TORINO-ROMA-MILANO-FIRENZE-NAPOLI

GEOGRAFIA FISICA
E GEOLOGIA

CARLO ANFOSSO

Prof. di Storia Naturale nel Liceo T. MAMIANI in Roma, Dott. in Medicina

GEOGRAFIA FISICA
E GEOLOGIA
PER IL LICEO

con applicazioni sperimentali

(137 Incisioni intercalate nel testo)

1904

DITTA G. B. PARAVIA E COMP.

(Figli di I. Vigliardi Paravia)

TORINO - ROMA - MILANO - FIRENZE - NAPOLI

ABBREVIAZIONI

(*ig.*) = Igiene.
(*st.*) = Storia.
(*esp.*) = Esperienze.
(*preg.*) = Pregiudizî.
(*fis.*) = Fisiologia.

Roma — Officina Poligrafica Italiana.

NOZIONI PRELIMINARI

La geologia cerca di riassumere l'evoluzione della terra, cioè la serie storica di trasformazioni e di fenomeni che in essa avvennero, il suo stato presente ed il probabile avvenire che l'attende.

Nella ricerca dei fenomeni passati essa si vale principalmente dell'osservazione delle traccie che questi hanno lasciato, veri documenti storici che analizza ed interpreta: nello studio dei fatti dell'ora presente la geologia si giova dei mezzi scientifici di misura e d'indagine.

Inoltre, essendo la terra un pianeta, tanto per l'evoluzione passata come per quella dell'avvenire, la geologia è illuminata dalle osservazioni dell'*Astronomia fisica* (1).

Questa scienza infatti concede di osservare nello spazio degli astri che trovansi attualmente in tutte le fasi a cui era predestinata la terra: dei pianeti che, indipendentemente dalla loro età relativa alla terra, si trovano in stadî di evoluzione anteriore alla sua o più inoltrata.

Come attualmente lo studio etnologico ci può illuminare sulla storia dell'uomo più civile *(Homo mediterraneus)* presentandoci in altre specie ed in minori gruppi umani una visione progressiva nelle idee e nei costumi, nelle arti, nelle industrie e nella sociologia, l'astronomia fisica rivela astri che tuttora sono nello stato di loro prima formazione, altri in età *più giovane* della terra ed altri che già toccarono trasformazioni più avanzate di essa.

Così il pianeta Marte e la Luna sono esempi di evoluzione più inoltrata, sebbene questa sia di più recente formazione

(1) L'astronomia è generalmente divisa in: 1° *cosmogonia*, comprendente le ipotesi sull'origine degli astri; 2° *astronomia di posizione*, cioè la misura delle distanze di questi; 3° *meccanica celeste* o loro movimenti; 4° *astronomia fisica*, cioè studio dei fenomeni fisici di cui sono sede.

della Terra: mentre Giove, che si formò indubbiamente prima di Marte è ancora allo stato di fusione.

Ipotesi geologiche. — Come nelle altre scienze, ed anche più in alcuni casi, la geologia si trova ancora in molti problemi allo stato logico primitivo di ipotesi.

I fenomeni terrestri furono e sono risultanti di parecchie cause insieme cooperanti. In alcuni casi poterono prevalere le une o le altre, variando così la finale modalità dell'effetto.

La probabilità delle ipotesi, che è sempre una debolezza rispetto alla certezza delle vere *teorie scientifiche*, è quindi discussa in differenti scuole scientifiche che portano affermazioni contradditorie. Nè ciò vale solamente per l'evoluzione passata e per l'ulteriore; anche nella geologia dello stato attuale si combattono scuole dalle vedute diametralmente opposte, specialmente riguardo l'interna costituzione del globo.

In questa questione non si può sperare nell'osservazione diretta, perchè il raggio della terra è superiore a 6356 chilometri ed i pozzi più profondi scavati dalle industrie estrattive non superano i 2 chilometri.

Il calcolo delle probabilità fondato su tale osservazione, rappresenta quindi solamente $\frac{2}{6356}$ del vero.

Principali divisioni.

Le principali divisioni della geologia sono:

1° Forma della terra (*Morfologia*):

2° Suoi movimenti (*Meccanica terrestre*):

3° Studio delle energie che lavorano entro e sopra di essa (*Dinamica terrestre*);

Queste energie sono esterne alla terra od in essa si sviluppano. Perciò la divisione in

a) Dinamica esterna;

b) Dinamica interna;

4° Studio delle roccie che compongono la corteccia (*Litologia*);

5° Studio metodico della loro relativa posizione (*Tectonica*);

6° Storia della terra (*Geologia storica*):

Allo studio delle roccie di formazione più recente si collegano:

7° Lo studio dei fossili (*Paleontologia*), cioè degli esseri che vissero in tempi passati;

8° Gli esseri attualmente viventi (*Faune e Flore*) e l'influenza dell'ambiente climatico sull'uomo (*Mesologia*).

Mezzi d'indagine.

Tutti i lavori sotterranei, i tagli di trincee per le ferrovie, le escavazioni minerarie, i *tunnels*, i pozzi modenesi furono occasione ad indagini ed a scoperte geologiche, aiutandosi così reciprocamente la scienza e le industrie.

Spesso la geologia si valse infatti dei potenti mezzi di cui queste dispongono.

Così, per istudiare la diffusione del movimento vibratorio dei terremoti, si giovò delle detonazioni delle mine e della propagazione nel terreno delle onde prodotte dai grossi magli a vapore dell'industria ferriera, e per riprodurre i fenomeni di formazione e di metamorfismo delle roccie, ebbe ricorso agli *alti forni* della metallurgia ed agli apparecchi *convertitori* di Bessemer, usati nella fabbricazione dell'acciaio. Anche degli episodi accidentali, come la spaccatura dei crogiuoli in cui era fuso il vetro e l'uscita della pasta fluida, servirono ad utili osservazioni sulla produzione delle roccie di natura ignea; similmente il Bombicci assorse dai fenomeni di solidificazione dell'argento raffinato a considerazioni utili a spiegare l'origine dei vulcani.

Il *Daubrée* fu uno dei primi a fare delle esperienze per riprodurre i fenomeni geologici, e quest'arte didattica venne estesa grandemente dal *Meunier*, che ottenne di rappresentare con piccoli mezzi anche i fenomeni superficiali (1).

La geologia, formando evolutivamente, come si disse, parte dell'astronomia, dobbiamo ricordare il *cannocchiale celeste*, i *telescopi*, gli *spettroscopi*, gli *equatoriali*, ecc., che sono gli stru-

(1) V. Stanislas Meunier, *Géologie expérimentale*.

menti adoperati da questa scienza, ma la cui spiegazione è

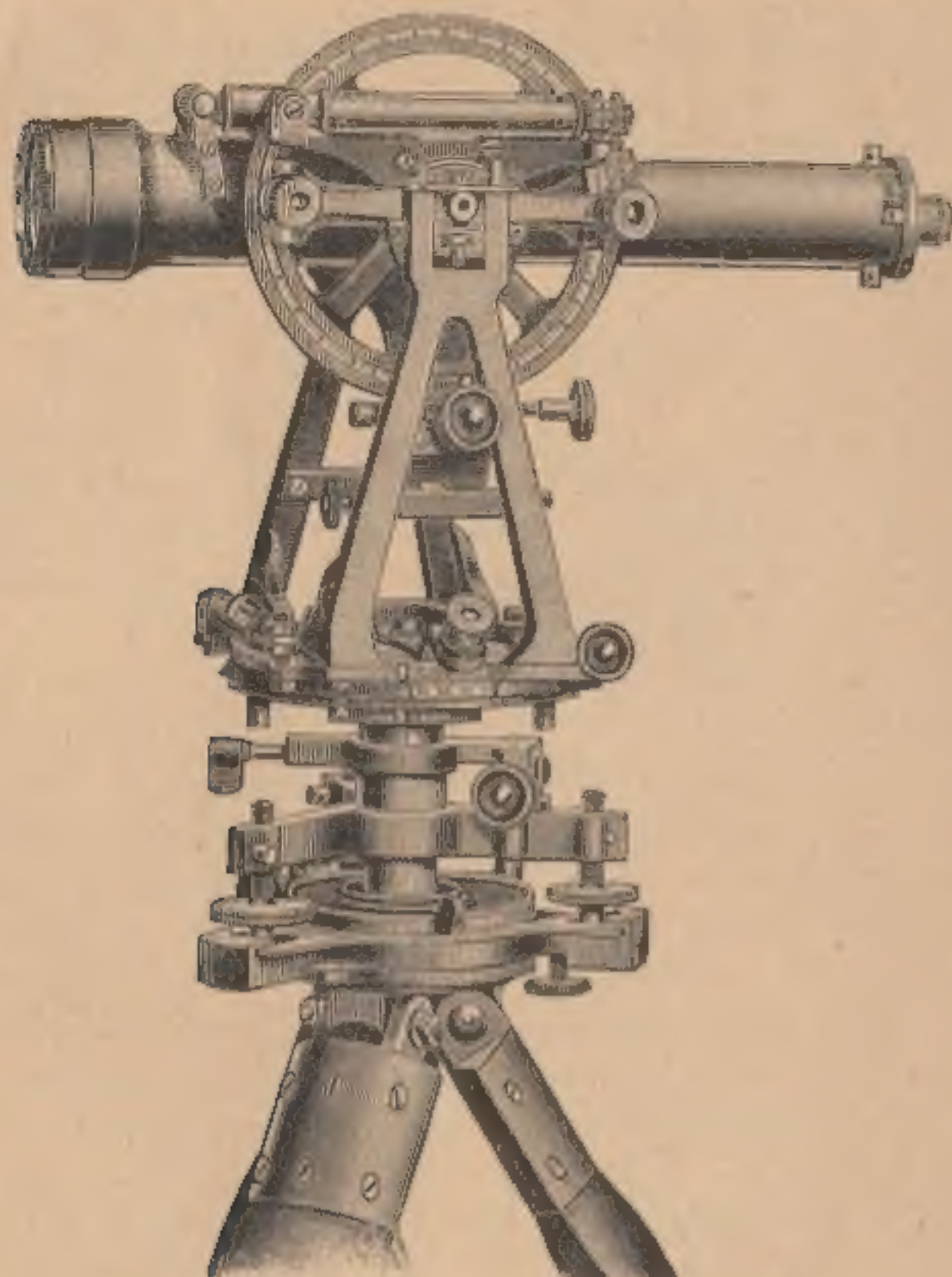



Fig. 1. Teodolite per la topografia — A.

riservata ad altra disciplina. Anche la *fotografia celeste* ci potrà illuminare sopra l'ultimo dei movimenti terrestri, quello cioè proprio del sole nella sinora sconosciuta direzione dell'*Apex* a cui è volto, seco traendo il suo sistema di pianeti, di asteroidi e di comete.

Fig. 2.
Barometro registratore Richard - A.

Negli studi geodetici si usa il *teodolite* (fig. 1), strumento misu-

ratore degli angoli (1), il *pendolo*, le *bussole*, il *cronometro* od orologio a compensazione.

Per la misura delle altezze, usasi di preferenza il barometro di Fortin (fig. 3), perchè più sicuro nei trasporti (2).

Per le osservazioni meteorologiche invece sono comodissimi i barometri registratori del Richard (fig. 2). Sono barometri aneroidi che segnano per mezzo di una leva e di un lapis le variazioni della pressione atmosferica sopra un cilindro che si muove attorno al suo asse per un congegno di orologeria. Le indicazioni vengono segnate sopra di una carta divisa in ascisse ed ordinate e le prime corrispondono

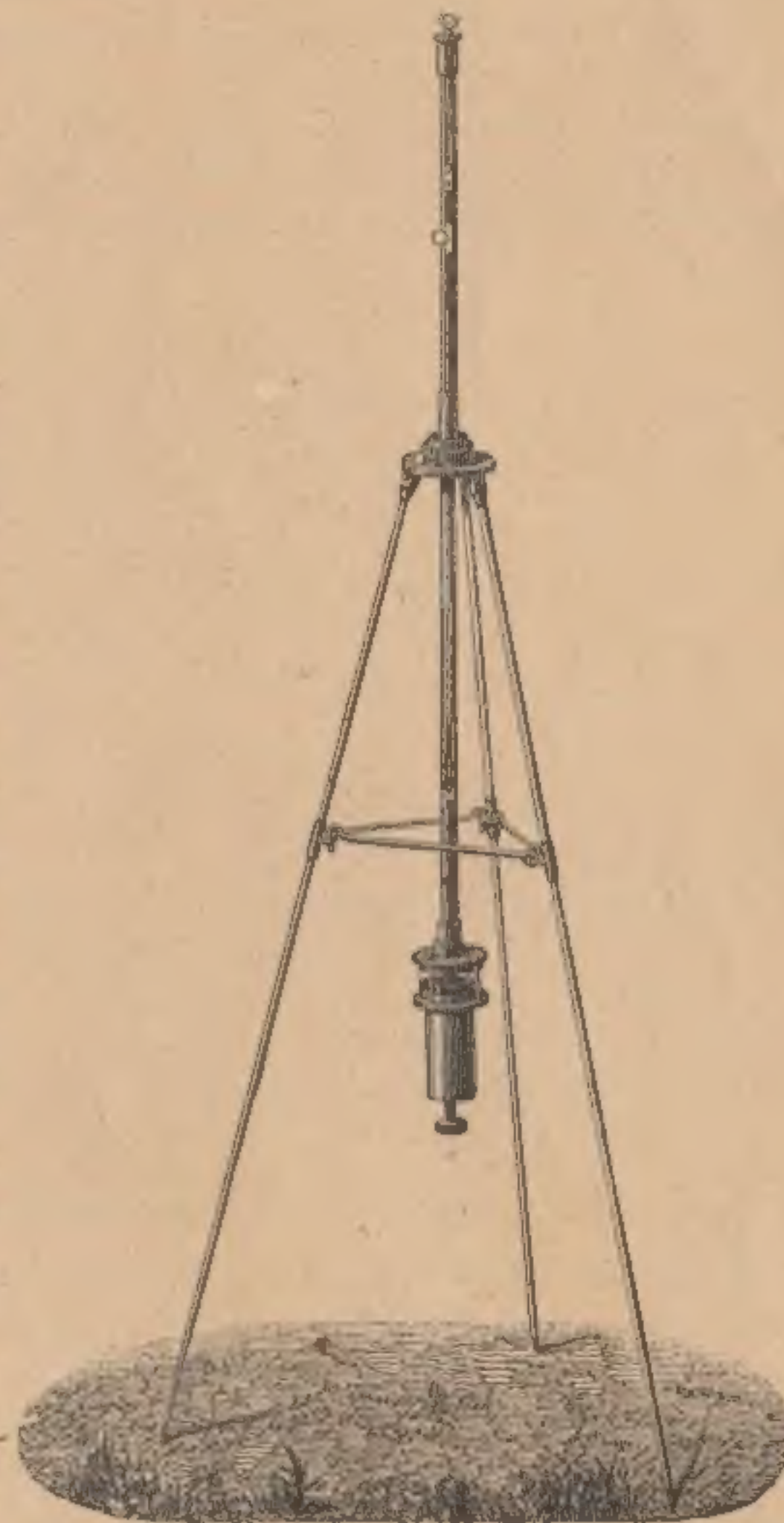



Fig. 3. Barometro Fortin.

(1) Lo strumento rappresentato (fig. 1) è quello adoperato per la costruzione delle carte topografiche che sono base a quelle geografiche. La geodesia abbisogna di teodoliti di maggior precisione. (V. Misura delle distanze).

(2) Come si sa in questo barometro si può riempire completamente il

alle ore e frazioni di ora, le seconde all'altezza della colonna barometrica.

Il *microscopio* ed il *polariscopio* sono utili nello studio delle roccie.

Speciali apparecchi sono usati nelle indagini oceanografiche per la determinazione della temperatura delle acque e della loro composizione, per raccogliere saggi dai fondi marini

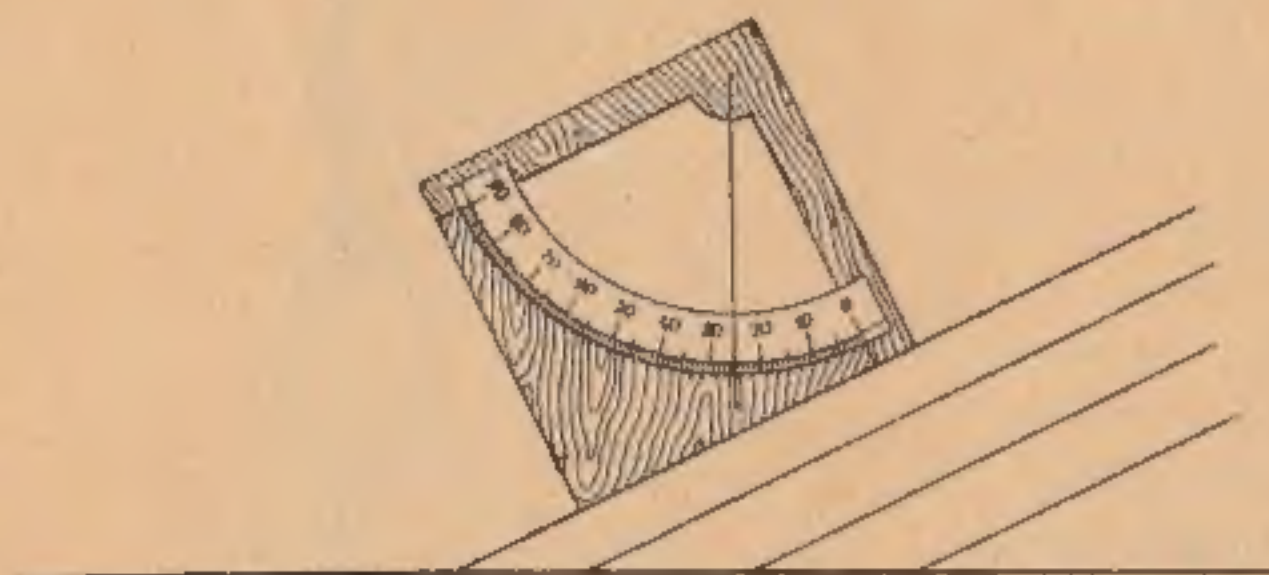



Fig. 4. Clinometro.

e per la pesca degli animali viventi a grande profondità (*Fauna degli abissi*).

Nella geologia stratigrafica, per stabilire l'indicazione di uno strato usasi il *clinometro*, strumento rappresentato dalla fig. 4 che non abbisogna di spiegazioni. L'angolo dato dal filo a piombo col lato del clinometro è l'inclinazione dello strato sull'orizzonte.

Utilità della geologia.

Il calcolo preventivo del tempo e della spesa per il traforo delle gallerie sotto le catene di monti, la ricerca di depositi di minerali utili, la cattura (franc. *captage*) delle sorgenti di acque potabili, termali, e minerali, i pozzi artesiani, la stabilità delle grandi costruzioni richiedono oggi il sussidio della scienza geologica, che potrà dare valido aiuto anche alla costruzione di futuri *tunnels* sottomarini.

tubo di mercurio sollevando con apposita vite il fondo della vaschetta, ed allora si trasporta capovolto, senza pericolo di rotture o di spandimento di liquido.

La natura geologica del sottosuolo ha influenza sul regime delle acque superficiali e sotterranee, sul clima locale ed anche sull'igiene, specialmente per la natura e la possibile inquinazione delle acque potabili.

La configurazione geografica di una regione è causa modificatrice del clima e quindi delle produzioni vegetali ed animali di quella (1) ed ebbe grande influenza anche nell'evoluzione del commercio e della civiltà per le differenti agevolezze delle comunicazioni per terra e per mare (2).

Così noi vediamo che nella storia la civiltà si iniziò e sviluppò in corrispondenza del bacino del Mediterraneo seguendo poi le grandi depressioni intercontinentali.

Il nome di *geografia fisica* è specialmente riservato alla configurazione esterna della superficie terrestre, allo studio dell'atmosfera, delle terre attualmente emerse, delle acque e degli esseri viventi: mentre invece la *geologia* ha più direttamente per oggetto la massa della terra. Questa distinzione è piuttosto artificiale o scolastica, essendo i fenomeni superficiali sempre in correlazione con quelli che avvennero od attualmente si compiono nell'interno.

In questo libro gli argomenti di geografia fisica sono quindi studiati in coordinazione con lo sviluppo di quelli strettamente geologici.

Energie estranee alla terra.

1° *L'attrazione*. — L'attrazione del sole (*forza centripeta*), agisce come si sa sulla terra secondo le leggi di Keplero e di Newton, ed è causa del movimento di questa attorno al sole, in composizione con la reazione centrifuga.

L'attrazione della luna è causa delle *maree* e della *precessione degli equinozi*.

(1) « La terra molle, lieta e dilettosa
Simili a sè gli abitator produce ».
TASSO.

(2) « *Est autem maritimis urbibus... quædam demutatio morum: admiscentur enim novis sermonibus ac disciplinis, et importantur non merces solum adventiciæ, sed etiam mores* ».
CICERONE.

2° *Radiazione solare.* — Rappresenta quasi tutta l'energia che lavora alla superficie della terra, non potendosi attribuire nessuna influenza alle altre radiazioni cosmiche (1).

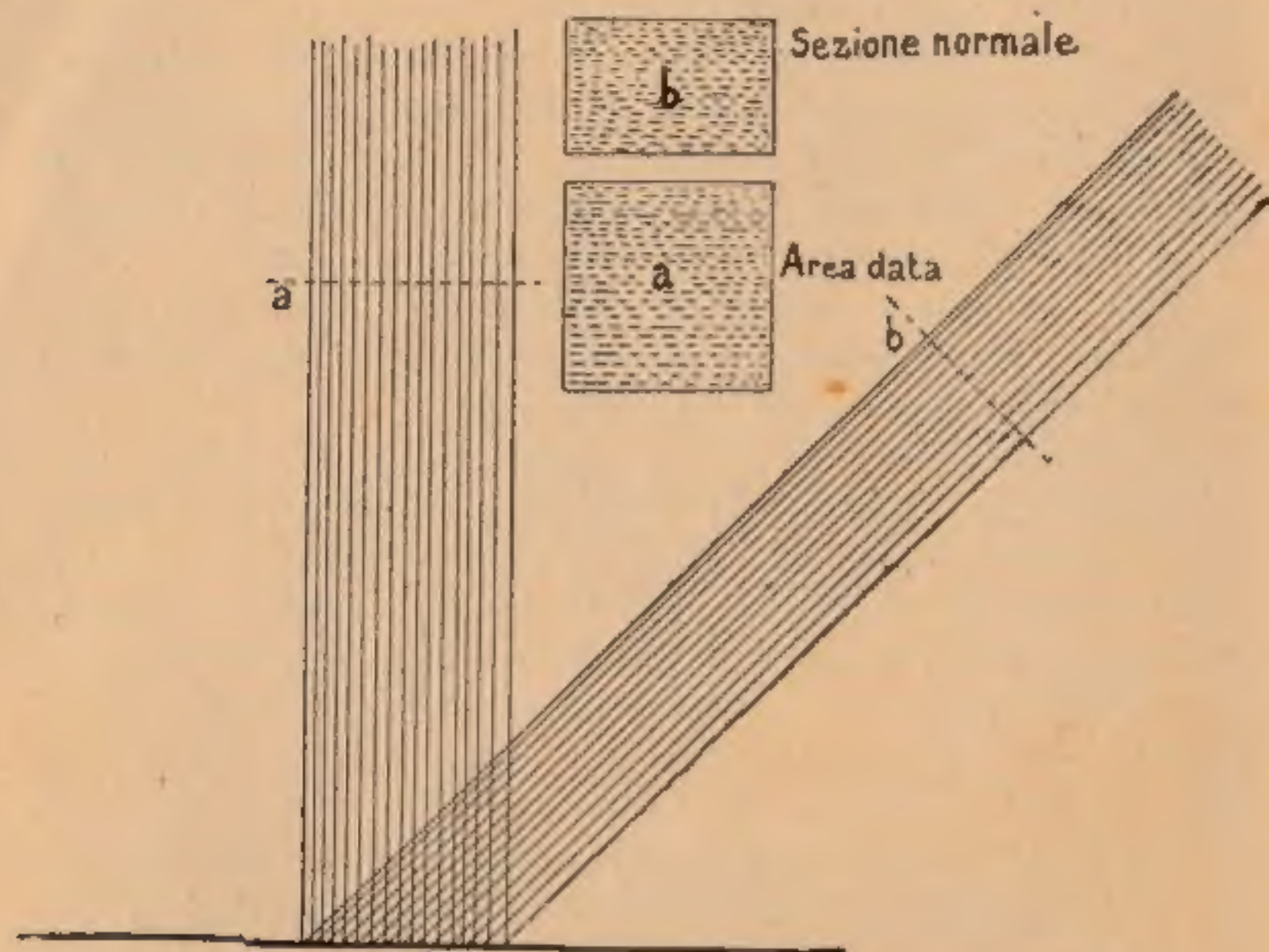



Fig. 5. Influenza dell'inclinazione dei raggi sul riscaldamento.

Le radiazioni solari, calorifiche, luminose o chimiche, agiscono sulla terra secondo le leggi generali della fisica, cioè:

1° l'intensità è proporzionale al seno dell'angolo che fanno i raggi incidenti colla superficie del corpo (2), o per dirla più semplicemente decresce quando i raggi sono più obliqui.

La fig. 5 dimostra come una medesima superficie riceva un numero minore di raggi quando arrivano obliquamente (*b*) che quando cadono verticalmente (*a*).

(1) Ricordiamo che l'effetto di illuminazione delle stelle è minimo.

(*st.*) L'*astrologia giudiziaria*, cioè la divinazione dei fatti storici dedotta dagli astri, ebbe origine in Egitto e nella Caldea e durò tutto il medioevo malgrado l'opposizione cristiana. Ebbe maggior voce nel secolo XIV, quando l'astrologo era un ufficiale necessario di tutte le corti.

(2) Se per esempio un fascio luminoso *I* cade sopra un diaframma di

Questa legge spiega le diverse infuenze delle radiazioni secondo le diverse latitudini e, ad ugual latitudine, secondo l'esposizione (*orientazione* ed *inclinazione*) di un terreno o di un edifizio.

2° l'intensità è inversamente proporzionale al quadrato delle distanze.

Le radiazioni termiche sono poco assorbite dall'aria e vengono invece insieme alle altre trattenute dalla superficie della terra e dei mari.

Le radiazioni luminose, *sino ad un certo limite d'intensità*, determinano la funzione della clorofilla e quindi iniziano la serie delle molecole organiche (1).

Il calore solare è causa della circolazione dell'aria e dell'acqua alla superficie della terra, della lenta distruzione dei continenti per mezzo delle variazioni di temperatura che fanno scheggiare le roccie. Agisce in seguito la forza di dilatazione del ghiaccio che ha un volume uguale a $\frac{10}{9}$ di quello dell'acqua a 0°.

3° *Influenze delle macchie solari.* — (*st.*) Galileo dichiarò di aver scoperto le macchie solari prima dell'ottobre 1610. In sulle prime si pensò che fossero pianeti che passavano innanzi

una data superficie rappresentato in sezione da AB e perpendicolare ad esso, tutti i raggi saranno ricevuti dal diaframma. Se invece si inclina in modo che venga in AD non riceverà che i raggi che cadevano sui punti compresi fra A e C.

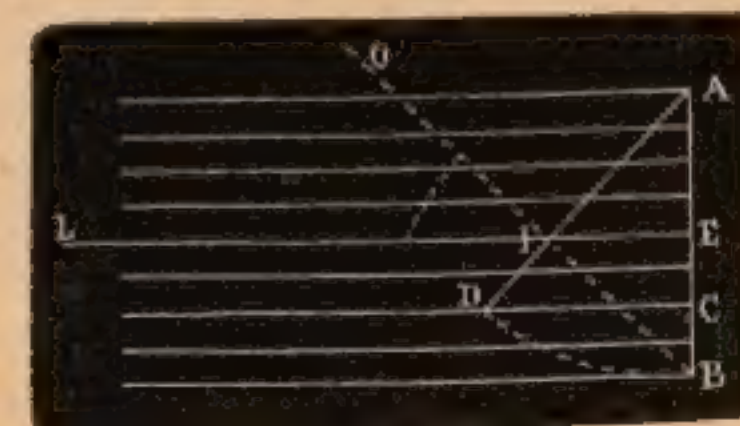
Fig. 6.

Ora nel triangolo ACD si ha $AC = AD \cos DAC$. Ma l'angolo DAC è uguale a LIO, avendo entrambi i lati perpendicolari: dunque si avrà $AC = AD \cos LIO$. Ma DIL è il complemento LIO epperciò si potrà dedurre:

$$AC = AD \operatorname{sen} DIL$$

essendo DIL appunto l'angolo fatto della superficie che riceve le radiazioni con la direzione dei raggi.

(1) « Cade virtù dall'infiammate corna
Che veste il mondo di novel colore ».

Petrarca.

al sole ed il Tardé le disse *stelle borboniche*. Talvolta se ne produssero di quelle visibili ad occhio nudo, o per meglio dire con un vetro affumicato. Nel 1858 una di queste macchie aveva un diametro uguale a 18 volte quello della terra. Hanno varia durata; il loro scomparire all'occidente del disco solare ed il loro ricomparire, finchè durano, dimostrano la rotazione dell'astro.

Per induzioni possibili riguardanti la geologia si nota qui che hanno anche un *movimento proprio*, onde la materia della fotosfera solare apparisce animata da un più veloce movimento all'equatore.

Il numero annuo delle macchie solari segue all'incirca un periodo decennale ed il loro massimo corrisponde alla massima declinazione dell'ago calamitato (bussola).

A noi non spetta di indagare le cause delle macchie solari, il che è argomento dell'astronomia fisica. Certo è che mentre teoricamente dovrebbero corrispondere ad abbassamenti della temperatura della terra, la meteorologia non riconobbe finora simile coincidenza di fenomeni.

Piuttosto le macchie solari pare influiscano sulle *aurore boreali* e sulle *tempeste magnetiche*, fenomeno questo di una certa importanza che può sopprimere per un certo tempo le comunicazioni telegrafiche intercontinentali.

Si vollero trovare coincidenze fra il numero delle macchie e la produzione agraria, le crisi economiche, le guerre, ecc. Questo argomento è tuttora nella prima fase di studio.

4° *Urto delle meteoriti*. — La caduta delle meteoriti, sebbene insignificante nella somma annua dei suoi effetti, è pur da notare fra le energie di origine esterna (1).

La materia della terra — Meteoriti.

La materia della terra si mantiene costante nel suo peso (legge di Lavoisier) attraverso a tutte le trasformazioni chimiche di cui è sede.

(1) Un'ipotesi sulla conservazione della temperatura del sole attribuisce alla caduta dei corpi dello spazio sulla massa di quest'astro il calore che viene da esso irraggiato nello spazio.

Nel suo viaggio per lo spazio non risulta che la terra perda alcunchè dell'atmosfera che la circonda, nè pure risulta che abbia attratto nuova materia vaporosa nei suoi passaggi attraverso alla chioma delle comete che penetrano entro l'orbita sua (1).

Appena dobbiamo accennare alla caduta delle meteoriti, della cui composizione già si parlò nella *mineralogia*.

Secondo alcune scuole la detonazione di questi corpi sarebbe prodotta da idrogeno che assorbirono nella spazio (2).

Piove inoltre dallo spazio una *polvere cosmica* sottile, formata principalmente da particelle di ferro superficialmente ossidate.

(1) Ricordiamo di passata che la *chioma* delle comete si sviluppa quando l'astro si avvicina al sole, cioè al loro *perielio*, ed è diretta dalla parte opposta ad esso, come se ne fosse respinta, formando uno sprazzo simile a ventaglio. L'analisi spettrale vi rivela l'esistenza di *C*, *H*, *Az* e di particelle solide (*Fe*, *Na*). Per gli ulteriori accenni che se ne faranno, ricordiamo anche che il nucleo della cometa di Donati era 1:20000 della massa della terra, cioè il peso di una sfera di H^2O di 400 chilometri di raggio.

(2) Le meteoriti hanno la natura stessa delle stelle filanti. Di queste ve n'ha delle *sporadiche* e delle *periodiche*, che si accendono regolarmente in certe epoche dell'anno, quando la terra cioè percorre il medesimo tratto di spazio. Esse appariscono all'occhio come lanciate da un punto fisso dell'orizzonte (*punto radiante*), effetto di prospettiva che dimostra che si muovono parallelamente. Appartengono perciò a vere fiumane di materia cosmica che circolano attorno al sole in correnti elittiche, di cui possono far parte anche delle comete. D'altronde si verificarono già quattro casi di segmentazione del nucleo di comete. Quella di Biela si sdoppiò la notte del 18 gennaio 1845; al suo ritorno (1851) i due nuclei erano distanti 500,000 chilometri ed all'epoca del successivo ritorno più non si rividero, ma si osservò invece un'abbondante pioggia di stelle filanti.

Fig. 7.
Teodolite per la geodesia di Troughton e Simms - *A*.

MORFOLOGIA

Repertorio di dati sulla terra.

Circonferenza all'equatore: 40,076,692 metri.
Meridiano: 40,008,032 »
Raggio all'equatore: 6,378,393 ± 79 metri.
Raggio ai poli: 6,356,544 ± 109 »
Raggio medio: 6,376,471 metri.
Superficie totale: 510,082,000 chilometri quadrati.
Volume: 1,083,260,000,000 chilometri cubi.
Lunghezza media dell'arco di meridiano di 1°: 111,133 metri.

Appiattimento dello sferoide terrestre ai poli: $\frac{1}{292 - 1}$ del raggio equatoriale.

Distanza dal sole: 149,500,000 chilometri.
Tempo della rotazione diurna o giorno sidereo: 23h 56m 4s.
Velocità di traslazione: 29,600 metri per minuto secondo
106,700 chilometri per ora.
Velocità di rotazione di un punto all'equatore:
0,465 metri per minuto secondo
27,766 per minuto primo
1,607 chilometri all'ora.

Angolo dell'asse terrestre sul piano dell'equatore: 23° 27' 8".

Precessione degli equinozi:
Cono con l'angolo al vertice di 23° 27' 21"
Durata 25,765 anni.

Massime altitudini: 8,500 metri = $\frac{1}{750}$ del raggio.

Sollevamento del mare attorno ai continenti:
118 metri alle foci del Tamigi (?) (*Listing*)
567 » sulla spiaggia del Brasile. (?)

Depressione del mare:

874 metri a Sant' Elena (?)

1,309 » nell' isola Bonin. (?)

Corteccia terrestre: 20-80 chilometri.

Densità media della terra: 5,5 (*Pointing*).

Peso: 5,957,630,000,000,000,000,000,000 chilogrammi.

Densità media della corteccia: 2-3.

Accelerazione media: metri 9,8 per minuto secondo $= g$.

Grado geotermico: 33 metri.

Tempo corrispondente ad 1° di longitudine: 4 minuti primi.

Gradi corrispondenti ad un'ora: 15°.

Gradi corrispondenti ad un minuto: 0° 15'.

Valore esatto di $\frac{1}{40.000.000}$ del meridiano: metri 1.0002 (un metro e due decimillimetri).

Durata media del giorno e della notte:

alla latitudine geografica	0°	12 ore
»	16° 44'	13 »
»	30° 48'	14 »
»	49°	16 »
»	63° 23'	20 »
»	66° 32'	24 »
»	67° 23'	1 mese
»	73° 29'	5 mesi
»	90°	6 »

Lunghezza dei gradi di longitudine:

alla latitudine	0°	chilometri	111.315
»	10	»	109.635
»	20	»	104.644
»	30	»	96.482
»	40	»	85.391
»	50	»	71.693
»	60	»	55.797
»	70	»	38.186
»	80	»	19.391
»	89	»	1.492

FORMA DELLA TERRA

Misura delle distanze. — Tutte le misure della terra si fondano attualmente sulla *triangolazione geodetica*, metodo celere, fondato a sua volta sulla trigonometria.

Lo strumento in uso è il *teodolite*, cannocchiale munito di traguardi (1), mobile attorno ad un piano orizzontale o verticale, in cui gli angoli possono essere misurati con una certa approssimazione mediante un *nonio* (fig. 7).

Misurata esattamente la distanza di due punti vicini, si determinano successivamente dai medesimi gli angoli compresi fra le visuali dirette ai due punti lontani di cui si vuole calcolare la distanza.

Sia ad esempio da trovare la distanza $A\ B$, conoscendo la distanza $a\ b$ (fig. 8).

Fig. 8

Col *teodolite* si determinano gli angoli (2) $A\ b\ B$ e $A\ a\ B$ e quindi con le formole speciali si trova la distanza cercata (3).

Sfericità della terra. — *(st.)* La terra venne primitivamente creduta una superficie piana. Secondo le dottrine vediche era

(1) I traguardi sono o dei fili in croce tesi entro il cannocchiale o delle righe segnate col diamante sulle lenti.

(2) Si dispongono ai due punti due *biffe* ben visibili generalmente con una croce di cui si fissa il punto d' intersezione.

(3) Del triangolo $a\ B\ A$ si conoscono l'angolo $A\ a\ b = A\ a\ B + B\ a\ b$, l'angolo $a\ b\ A$ ed il lato adiacente $a\ b$. Possiamo quindi trovarne i lati $a\ A$ e $b\ A$.

In simil modo troviamo i lati $a\ B$ e $b\ B$ del triangolo $a\ b\ B$.

Considerando finalmente il triangolo $A\ b\ B$, noi ne conosciamo due lati ($b\ B$ e $b\ A$) e l'angolo compreso. Si troverà quindi il terzo lato $A\ B$, che è la distanza cercata.

un disco sostenuto da dodici colonne: gli Indù vollero che fosse emisferica e posata sulla groppa di quattro elefanti a lor volta posati sopra una tartaruga. Per certi antichi filosofi greci la terra, piana, era sorretta dall'aria (1) o dall'acqua.

La terra è rappresentata da Omero come un disco intorno circondato dal fiume Oceano.

Pare che il primo a dichiarare la sfericità dello terra fosse Talete da Mileto, che riconobbe anche la causa degli eclissi. Socrate si mostrò peritoso riguardo alla forma ed alla dimensione della terra (2). Platone invece ammise l'esistenza degli *antipodi*. Quindi Aristotile nettamente afferma che la terra è sferica notando:

1° la sua ombra curva negli eclissi;

2° l'abbassamento all'orizzonte della stella polare per un osservatore che viaggi dal Nord verso il Sud.

Curioso a notarsi è come generalmente i popoli antichi abbiano considerato il loro paese come il centro della terra. Per gli Indiani questo centro era il monte Merù, per gli Egizi Tebe, per i Greci Delfo (3), per gli Ebrei Gerusalemme (4).

Il primo che, partendo dall'idea della sfericità, abbia tentato di calcolare la circonferenza della terra fu Eratostene di Alessandria (200 anni a. C.). Avendo egli osservato che il sole illuminava il fondo di un pozzo presso Siene, nell'Alto Egitto, e considerando che Alessandria fosse sul medesimo meridiano, riuscì ad una misura approssimativa (5).

---

(1) Anassagora, Democrito.

(2) « Io sono convinto che la terra è smisurata e che noi che abitiamo dal Tesis sino alle colonne d'Ercole non ne occupiamo che una piccola parte come le formiche attorno ad un pozzo o le rane attorno al mare ».

(3) « In verità nella magion d'Apollo
È della Terra l'umbilico ».

Euripide.

(4) « *Est locus, ex omni medium quem credimus orbe,*
Golgota Iudei patrio cognomine dicunt ».

(*Ignoto*).

(5) Egli determinò l'altezza meridiana del sole nello stesso giorno ad Alessandria (angolo dell'orizzontale). Il complemento di quest'angolo per la grande distanza del sole doveva essere la differenza di latitudine. Bastava quindi misurare la distanza fra Siene ed Alessandria e moltiplicarla per il quoziente di 360 diviso per questa differenza. Trovò così 250,000 stadi (avrebbero dovuto essere 246,000).

Plinio accenna alla meraviglia che produsse negli uomini del tempo suo questo calcolo.

Le prove più elementari della sfericità sono le seguenti:

1° l'orizzonte visibile è sensibilmente circolare. Tuttavia questa considerazione ha un valore relativo poichè anche se fosse piana il limite di visibilità darebbe un orizzonte circolare;

2° sul mare vedonsi scomparire le parti inferiori degli oggetti che si trovano ad una certa distanza (1).

Nella fig. 9 dal punto R più elevato vedesi una nave quando si trova in O ed è invisibile dal punto R'. Avvicinandosi in O' la stessa nave diventa completamente visibile

Fig. 9

dall'altezza R', ma da R'' se ne scorgeranno appena le parti più alte dell'alberatura;

3° la distanza sino a cui si può vedere la superficie della terra è sensibilmente proporzionale alla radice quadrata delle altezze da cui si osserva, come dovrebbe essere se la terra fosse perfettamente sferica (2). Tenendo conto del raggio della terra di cui abbiamo ancora da indicare la misurazione, dal-

(1) « Tutte le stelle già dell'altro polo
Vedea la notte e 'l nostro tanto basso
Che non surgeva fuor del marin suolo ».

Dante.

(2) V. *Annuaire Météorologique de Belgique*, 1902.

l'altezza di un metro si dovrebbe vedere fino a 3570 metri (1): dall'altezza di un chilometro la vista dovrebbe estendersi a 113 chilometri, e di una montagna di 3000 metri d'altezza dovrebbe apparire la cima da 195,540 metri.

Limitano tuttavia la visibilità parecchie circostanze, come:

1° le irregolarità della superficie terrestre;

2° le onde del mare;

3° la diversa trasparenza dell'aria;

4° la rifrazione della luce, per cui un raggio luminoso passando da un mezzo trasparente più denso in uno che lo sia meno, si allontana dalla perpendicolare. Ora l'aria essendo più densa in basso, ne segue che la superficie visibile della terra può essere più estesa del limite geometrico. Avviene un apparente sollevamento simile a quello che si verifica ponendo un oggetto in un vaso e versandovi dell'acqua. Nella fig. 10 l'occhio è posto in luogo donde non si può vedere l'oggetto S

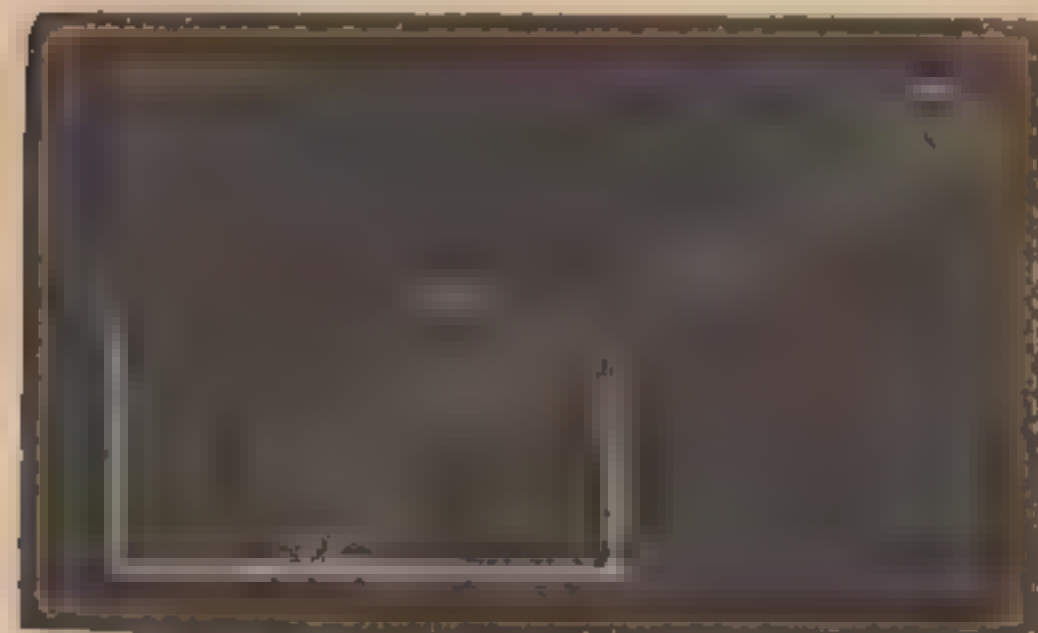



Fig. 10. Apparente sollevamento degli oggetti coperti dall'acqua.

(1) Infatti (fig. 11) la distanza a cui si vede è limitata dalla tangente tirata dall'occhio alla superficie terrestre. Sia $m\,n$ un arco di circolo massimo, A l'occhio dell'osservatore, C il centro della terra.

Il limite della visibilità sarà il punto i di contatto della tangente che passa per A e la sua distanza sarà $i\,d$, dal piede della verticale abbassata da A. Si tiri il raggio $C\,A$ e si avrà il triangolo rettangolo $A\,C\,i$. Se l'arco è piccolo la corda $i\,d$ si confonderà:

Fig. 11.

1° con la lunghezza dell'arco che sottende;

2° con la perpendicolare abbassata sull'ipotenusa $A\,D$.

Ora sappiamo che in questo caso la perpendicolare è media proporzionale dei due segmenti dell'ipotenusa.

collocato in fondo ad un vaso. Versando dell'acqua, i raggi si rifrangono all'uscita dal liquido, più denso dell'aria, e l'occhio li può ricevere giudicando (*illusione ottica*) che provengano da S', posizione più alta.

5° Movendoci dall'equatore verso il polo nord l'altezza angolare sull'orizzonte della stella polare (1), supposta a distanza infinita sull'asse della terra prolungato (asse del mondo), varia progressivamente da 0° a 90°, limite che sarebbe raggiunto se si potesse andare al polo. Ciò corrisponde al caso geometrico che la terra sia sferica, per cui ad archi uguali corrispondono angoli uguali cioè le lunghezze degli archi sono proporzionali agli angoli.

Ecco quindi un modo di misurare gli angoli al centro da un punto posto fuori della terra, coll'uso della direzione orizzontale o della verticale.

Ponendo $A\,d = h$, $i\,d = \delta$ e ricordando che $d\,C$ è il raggio della terra R, avremo:

$$[illegible] \; R$$

e quindi:

$$\delta^2 = R\,h$$
$$\delta = \sqrt{R\,h}$$

in cui il valore di R è costante. Per un'altezza h' si avrà $\delta' = \sqrt{R\,h'}$ e quindi:

$$\delta : [illegible] \sqrt{[illegible]} \; \sqrt{h'}$$

(1) La seguente figura, che non abbisogna di spiegazioni, indica il modo di trovare la stella polare.

Fig. 12. Determinazione della stella polare.

Sia (fig. 13) $E\,m\,E'\,m'$ un meridiano, C il centro della terra, $E\,E'$ il piano dell'equatore, P la stella polare sul prolungamento dell'asse e i sia il punto da cui questa si osserva. Si tiri il raggio $C\,i$ e la tangente $O\,O'$, che è l'orizzontale.

L'angolo $P\,i\,o$ cioè l'altezza all'orizzonte della stella polare, sarà uguale all'angolo $i\,C\,E = \lambda$, latitudine del punto i.

Infatti essendo P a distanza infinita, la visuale $i\,P$ si può considerare come parallela all'asse, confondendosi con $i\,x$, ed in tal caso avendo i lati rispettivamente perpendicolari i due angoli sono uguali (1).

Fig. 13.

Potendo così determinare le latitudini di due punti, l'angolo al centro corrispondente sarà la loro differenza. Ora, percorrendo un meridiano, si trova in questo modo precisamente che a tratti uguali corrispondono angoli uguali (v. determinazione della latitudine). Il piano orizzontale è in queste osservazioni dato dalla *livella*: la visuale da uno speciale strumento a traguardi.

6° Altra dimostrazione è l'ombra curva al margine che la terra proietta nelle ecclissi (dimostrazione d'Aristotele).

7° Vale anche la considerazione che gli altri pianeti e satelliti sono tutti di forme sferoidali presentando delle proiezioni circolari od elissoidi, sia direttamente all'occhio, come la luna, sia esaminandoli con il cannocchiale astronomico o col telescopio.

8° Il valore sensibilmente uguale del peso di un medesimo corpo portato in differenti punti *potera* pure essere un argomento in favore della rotondità della terra.

La nozione della sfericità della terra appartenne dapprima ai popoli viaggiatori.

La spedizione di Cristoforo Colombo ebbe per base questa nozione, che incontrò nel medio evo oppositori anche nelle in-

1 $i\,x$ è perpendicolare a $C\,Q$ ed $o\,i$ a $C\,i$.

telligenze più luminose dell'epoca (1). È noto come alcuni sostengano che il navigatore italiano fosse indotto alla sua impresa anche da documenti e quindi ragionasse con vero metodo scientifico.

Il fatto venne confermato dai viaggi di circumnavigazione di cui il primo fu quello detto di Magellano, incominciato da questo navigatore e compito poi per la sua morte da Sebastiano Elcamo (1519-1522).

Misura del raggio della terra. — Conoscendo la misura L di un arco corrisponde ad un dato angolo l si trova la circonferenza C con una semplice moltiplicazione $\left(C = L\frac{360}{l}\right)$ e, data la circonferenza, si trova il raggio con la solita formula (2).

Il fondamento di questa ricerca consiste nel misurare con precisione un dato arco di circolo. Naturalmente l'errore finale della misura sarà tanto minore quanto maggiore è la lunghezza misurata. Già accennammo al tentativo di Eratostene.

(*st.*) Ipparco di Rodi (165-125 a. C.), l'autore della divisione del circolo in 360° e delle coordinate geografiche (longitudini e latitudini), si propose lo stesso problema e Posidonio suo allievo trovò $C = 240.000$ stadi. Strabone più tardi ottenne 180.000, misura troppo inferiore al vero (3). Tolomeo, detto anche l'*Almagesto*, si accinse pure a simile fatica (140 d. C.).

Vi fu quindi presso gli Arabi un risveglio di studi astronomici veso il secolo IX (4).

(1) Lattanzio per esempio considerava gli antipodi come uno scherzo e S. Agostino, senza negare decisamente la forma rotonda, pone dei dubbi sugli antipodi per scrupoli non fondati.

(2) La circonferenza essendo data dalla equazione $C = 2\pi R$, dividendo i due membri per 2π si avrà $R = \frac{C}{2\pi}$

(3) Non mancano nella storia delle scienze gli esempi di simili *correzioni* infelici. Strabone voleva che la zona torrida fosse inabitabile. Plinio ancora si dimandava perchè la terra non cadesse.

(4) Il califfo di Bagdad Al Mamoum (873-877), avendo vinto l'imperatore, pose come condizione di pace la consegna di un manoscritto di Tolen ec. Egli ordinò che si misurasse un arco di meridiano. Si fecero due spedi-

Nei tempi moderni tentarono la misura il medico Farnel, Shellus ed il padre Riccioli. La prima triangolazione dai risultati solidi fu quella di Picard (1621).

Come si sa la misura moderna esattissima del meridiano è base del sistema metrico decimale.

La circonferenza è di 40 milioni di metri.

L'unità di misura geografica è il chilometro: tuttavia si usano ora altre unità convenzionali specialmente nella marina (1).

Misure geografiche.

REPERTORIO DI DATI.

	Lunghezza in chilometri	Per un grado
Chilometro	1	111,115
Miglio geografico (Italia) . .	1,8541003	60
Miglio nautico (Inghilterra) .	»	»
Miglio geografico (Germania) .	7,4204886	15
Lega (Francia).	4,4526	25
Lega marina (Francia). . . .	5,5623279	20
Versta (Russia)	1,066781	104,05

Lo schiacciamento polare. L'Accademia delle scienze di Parigi, avendo nel 1670 inviate delle spedizioni scien-

zioni, l'una in Mesopotamia e l'altra in Soria. Leggesi in Aboulfeda: Gli inviati si divisero in due gruppi: gli uni andarono verso il Polo Nord, gli altri al Sud camminando dritto il più che poterono sinchè il polo Nord si fu sollevato di 1° per gli uni ed abbassato di 1° per gli altri.

(1) I Romani computavano le distanze per miglia di mille passi eguali a 1478. 70 metri.

I Greci usavano lo stadio di 185 metri.

La *parasanga* dei Persiani era di 30 stadi e secondo alcuni anche di più.

Gli Egiziani avevano le *Schoenus* di 20, 30 o 40 stadi; i Galli le *Luca* uguali a un miglio e mezzo romano; i Germani le *Restæ* di circa tre miglia romane.

tifiche al Senegal, alla Guiana ed alle Antille, il Richer, trovandosi a Caienna verificò che a quella latitudine il pendolo per battere i secondi doveva avere una lunghezza minore che a Parigi.

Ora si sa che la gravità è una funzione della lunghezza del pendolo. Dalla nota formula $t = \pi\sqrt{\frac{l}{g}}$ si ottiene (1) $g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$. Nel caso del pendolo che batte i secondi, variando la lunghezza, doveva necessariamente variare la gravità nei due punti in cui si facevano le osservazioni, cioè a Parigi ed a Caienna (2).

Si scelse il pendolo che batte i secondi perchè la misura del minuto secondo è più agevole, ed uno dei fattori viene così ridotto all'unità.

Più tardi si cercò la maggiore precisione nella determinazione della lunghezza del pendolo, cioè della distanza del centro di oscillazione dal punto di sospensione.

Quali cause potevano far variare la gravità a differenti latitudini?

Evidentemente dapprima la reazione centrifuga, effetto del movimento di rotazione, già ben nota a quei tempi. La reazione essendo proporzionale al quadrato della velocità deve decrescere dall'equatore al polo.

(1) $t^2 = \pi^2 \frac{l}{g}$; $g\, t^2 = \pi^2 l$; $g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$.

(2) Il valore della gravità nei due punti sarà dato dall'equazione

$$g = \frac{\pi^2 l}{t^2}$$

$$g' = \frac{\pi^2 l'}{t^2}$$

da cui

$$g : g' = l : l'$$

e quindi

$$g' = \frac{g\, l'}{l}$$

Ora è facile calcolare la reazione centrifuga e quindi la parte che si deve sottrarre al valore di g ad una data latitudine (1). Eseguito questo calcolo si verifica che la gravità reale è ancora differente da quella che dovrebbe essere per la sola influenza della forza centrifuga se la terra fosse perfettamente sferica. Col sussidio della legge di Newton, per cui l'attrazione è inversamente proporzionale al quadrato della distanza, si trova il raggio vero della terra in quel dato punto (2).

La forma schiacciata della terra è effetto della reazione centrifuga sulla massa di questa, quando era ancora allo stato liquido.

Si sa che i liquidi per coesione prendono la forma sferica nel caso di un movimento di rotazione la reazione centrifuga

(1) La forza centrifuga (φ) è data dalla formola $\varphi = \frac{v^2}{r}$ in cui v è la velocità di rotazione ed r il raggio.

Fig. 14.

Per un punto i (fig. 14) alla latitudine λ quale sarà la misura del raggio di 1 ·tazione ε r = r?

Si tiri il raggio terrestre $C\,i = R$. Nel triangolo rettangolo $c\,i\,C$ si avrà

$$r = C\,i \cos c\,i\,C$$

ed essendo $c\,i\,C = \lambda$ perchè alterni interni e $C\,i$ il raggio terrestre R

$$r = R \cos \lambda$$

Conoscendo il raggio r, si troverà la circonferenza del parallelo $2\pi r$ che, divisa per il tempo (24 ore), darà la velocità v.

(2) Essendo R il raggio della terra se questa fosse una sfera perfetta ed R' il raggio vero dal punto i (vedi nota precedente), g la gravità calcolata nel caso di una sfera perfetta e g' la gravità reale

$$R^2 : R'^2 = g' : g$$

da cui

$$g' = \frac{R'^2\, g}{R^2}$$

essendo maggiore all'equatore vi sarà necessariamente un'accumulazione di materia verso l'equatore.

(esp.) — Nella fisica si dimostra l'origine dello schiacciamento polare:

1° con l'illusione ottica prodotta da meridiani elastici che girano rapidamente attorno ad un asse (fig. 15).

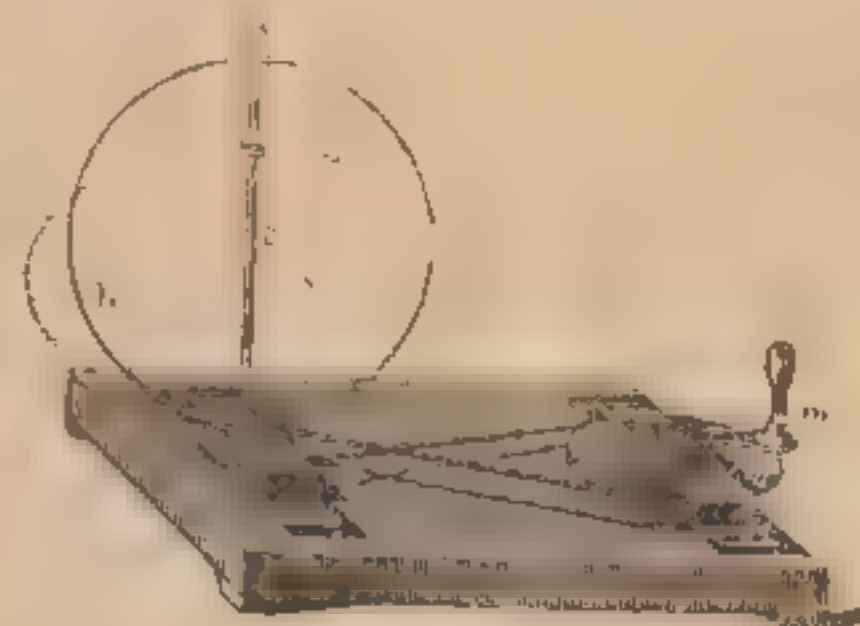



Fig. 15. Illusione ottica che dimostra lo schiacciamento polare della superficie terrestre (1).

2° con l'esperienza di Plateau, in cui una gocciola di olio perfettamente sferica perchè sostenuta in un miscuglio di alcool e d'acqua di densità eguale alla sua, quando è fatta girare attorno a se stessa, si appiattisce (fig. 16 e 17).

Vale inoltre la considerazione dei fatti celesti per cui i pianeti aventi una maggiore velocità di rotazione presentano un notevole schiacciamento, come ben si vede nel pianeta Giove, quando si presenta in proiezione meridiana ed in Saturno in cui, oltre alla depressione, vi sono i noti anelli. Allorchè questo pianeta è visto in proiezione meridiana non si scorgono gli anelli separati e notasi solamente un'apparenza di sollevamento equatoriale (2).

Vera forma della terra. — Le maggiori altitudini (v. repertorio), rappresentano minimi sollevamenti rispetto al raggio della terra $\left(\frac{8}{6350}\right)$; tuttavia questa è realmente limitata da una superficie corrugata.

(1) Nell'apparecchio disegnato vi è un solo circolo elastico b; facendolo girare mediante la manovella m si deprime com'è indicato dall'ovale punteggiato.

(2) I corpi celesti a rotazione lenta come il sole (25 giorni) e la luna (27 giorni) sono poco schiacciati. Giove e Saturno girano con velocità da 60 a 70 volte maggiore della terra.

Forma della parte liquida. — Se la massa degli oceani fosse solamente soggetta all'azione del peso e della forza centrifuga, dovrebbero essi avere una superficie sferoidale, con un sollevamento equatoriale. Ma altre energie lavorano a farne variare le altezze. Accenneremo qui solamente all'attrazione dei continenti, per cui *a priori* si prevede che deve formarsi un sollevamento pericontinentale, una specie di *menisco concavo* (v. *Corsi di fisica:* Capillarità).

Fig. 16. Esperienza di Plateau (1) — A.

Tuttavia le misure geodetiche non dimostrano questo sollevamento, secondo il quale i centri oceanici devono essere necessariamente depressi, e il piano orizzontale, dato dai livelli

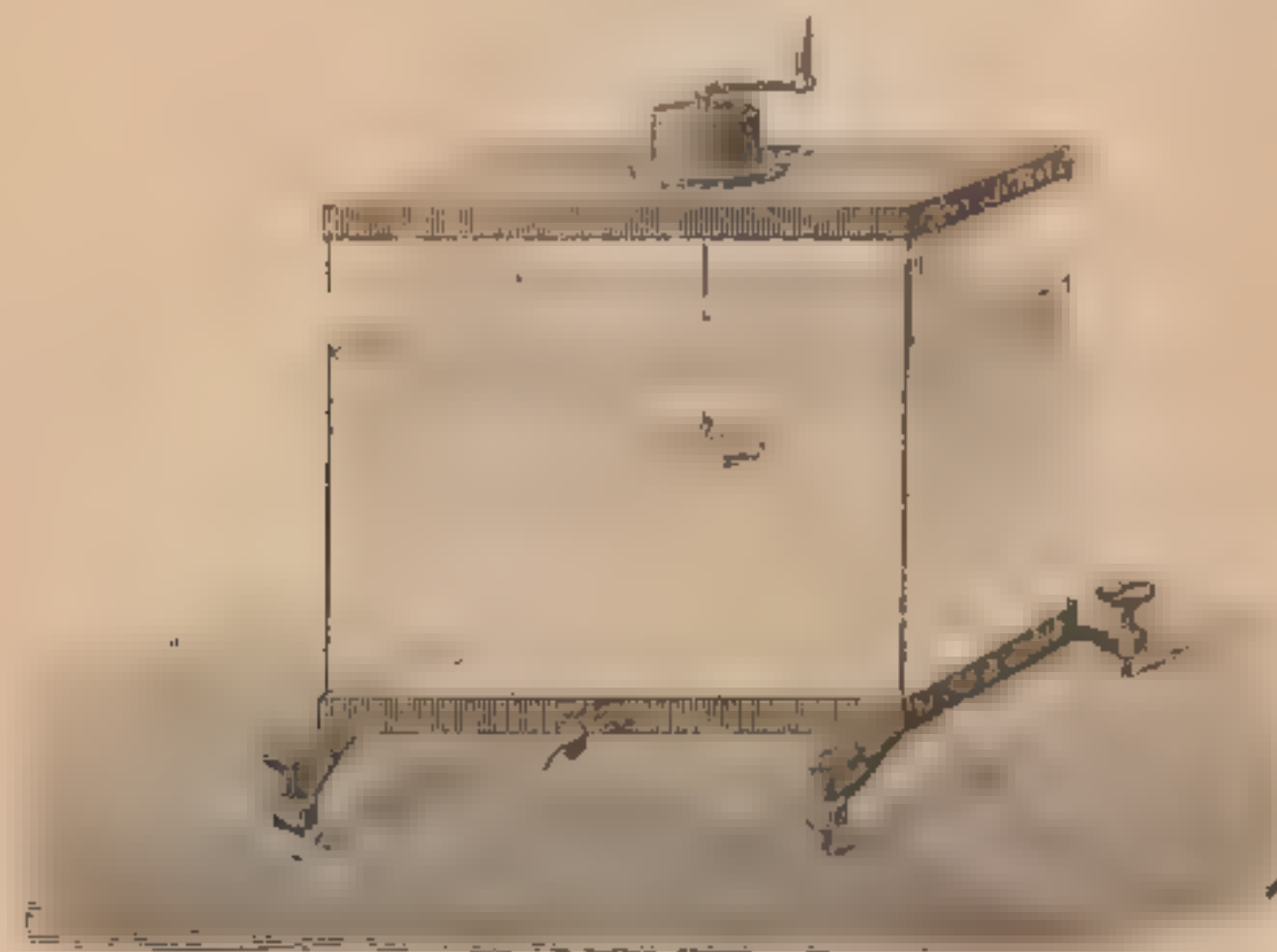



Fig. 17. Apparecchio di Plateau (2) — A.

(1) La goccia d'olio è aderente ad un'asta infilata che gira attorno al suo asse. Quanto maggiore è la velocità di rotazione tanto maggiore è lo schiacciamento, visibile nella figura.

(2) La figura dimostra di quale apparecchio siasi servito Plateau per le sue esperienze per una delle quali è disposto. E, come si vede, una vaschetta parallelepipeda di vetro con un coperchio a cui è unito un congegno a manovella colla quale si può far girare attorno a sè stessa l'asta verticale. Il movimento si propaga dall'asta all'olio che le è aderente.

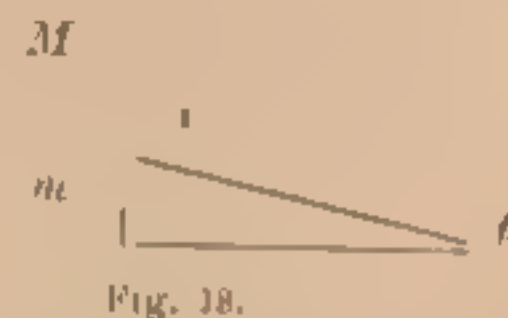
ad acqua, leggermente inclinato. La dimostrazione è desunta invece:

1° dalle misure barometriche fatte in mare che corrispondono a maggiori pressioni;

2° dall'inclinazione di antichi *terrazzi marini*, formatisi in tempi in cui al continente vicino incombeva una massa di ghiaccio *(epoca glaciale)*.

I *terrazzi marini* sono effetto del lavoro delle onde sopra certi terreni della riva ed hanno superficie parallela al livello del mare. Sia ad esempio il continente *m*, coperto da una massa *M* di ghiacciai. L'attrazione di questa sulle acque, componendosi con quella del continente e colla gravità, produrrà una risultante non verticale e

Fig. 18.

l'acqua, per la nota legge di equilibrio dei liquidi, dovrà disporsi con livello perpendicolare a questa risultante. Il terrazzo prodotto dall'erosione assumerà la stessa inclinazione, per esempio *t t*. Se poi detto terrazzo fu coperto da detriti ed il ghiaccio si fuse, rimanendo solamente la massa *m* del continente, l'acqua si abbassò di altezza e diminuì di angolo con la vera orizzontale o tangente, onde attualmente il terrazzo rimarrà sollevato verso il continente.

Forma del geoide. — Quale è la forma del *geoide* ossia della parte solida del globo? Già il Targioni-Tozzetti, naturalista del secolo XVIII poneva questa questione (1) che si può solamente risolvere mediante numerosissime misure del fondo del mare.

Il Green fu il primo a pensare l'ipotesi che il geoide avesse una forma lontanamente simile alla tetraedrica, con la base corrispondente al polo nord e l'apice opposto al polo sud.

(1) « Se si supponga per un momento annichilata l'acqua del mare resterebbe il globo nostro scabrosissimo ».

La fig. 19 rappresenta questa forma, ma esageratissima. Il mare avrebbe la forma sferica ed i quattro angoloidi costituirebbero i quattro continenti.

Fig. 19.
Idea della forma tetraedrica.

Il De Lapparent invece propende per una forma analoga a quella di una trottola, o paleo con la punta al polo sud.

Il tetraedro regolare è la forma che prende una sfera che diminuisce di volume vuotandosi parzialmente e la terra, qualunque possa essere l'attuale sua interna costituzione, fu certamente in questo caso.

Il tetraedro è la prima e la più semplice deformazione della sfera.

(esp.) Il Lallemand dimostrò questo fatto con una palla di gomma elastica (fig. 20), munita di un tubo, in cui produceva una rarefazione colla macchina pneumatica.

L'esistenza di un continente al polo sud è attestata, oltre che dalle osservazioni dei viaggiatori che narrano di aver veduto in lontananza delle montagne

1° dal fondo del mare che si trova a piccola distanza dal livello nelle alte latitudini australi;

2° dagli *icebergs* od isole di ghiaccio *tavolari* che galleggiano in quei mari, dimostrando la loro origine da ghiacciai terrestri;

3° dalla natura del fondo marino, che è sparso di rottami minerali trascinati dai ghiacci galleggianti.

Fig. 20. Esperienza di Lallemand.

Per altra parte tutti i geografi riconoscono l'esistenza di un mare profondo al polo nord. Anche nell'ultimo viaggio del Nansen, ogni volta che quest'esploratore potè eseguire

operazioni di scandaglio attraverso il ghiaccio, trovò delle notevoli profondità. Oggi l'ipotesi di un continente polare nordico, che era pure stata adombrata, è completamente abbandonata. Osservando un globo terracqueo nella sua proiezione polare australe si nota un grande mare con appena tre punte di terra, che corrisponderebbero agli spigoli dei diedri di quest'ipotesi.

Nell'emisfero boreale, invece, vi sono tre grandi masse continentali:

1° L'Europa e l'Africa (continente euro-africano).
2° L'Asia e l'Australia;
3° L'America.

Si osserverà che l'Europa e l'Asia son riunite; ma è obbiezione che non ha gran valore, poichè questa modificazione può essersi verificata posteriormente ad una prima fase in cui il geoide era un tetraedro perfetto. Può insomma essersi sollevata una terra fra l'Europa e l'Asia primitivamente separate.

D'altronde in tutta la Siberia occidentale vi è una regione molto bassa che segue il corso dell'Ural; e a questa depressione appartiene anche il bacino del mar Caspio.

Depressione intercontinentale. — Si volle anche attribuire a questo fenomeno la depressione intercontinentale, cioè la separazione dei continenti in due parti, l'una australe e l'altra boreale per mezzo dei mari

Mediterraneo
Golfo Persico
Golfo del Messico
Mare della Sonda.

Nella formazione del geoide avvenne necessariamente un *movimento di traslazione* di una certa quantità della materia che si trasportava dal sud verso l'Equatore e quindi verso il nord.

A misura che le tre sporgenze o spigoli corrispondenti alle maggiori altezze delle catene si muovevano verso l'Equatore cresceva la loro velocità di rotazione; invece oltrepassato l'Equatore diminuiva.

Doveva perciò per una *risultante* formarsi una torsione e quindi uno strappo.

Così si osserva che le terre dell'emisfero australe sono come ritorte verso l'oriente (1).

(1) Il Lallemand ne dedusse anche un'ipotesi sulle cause dei terremoti. La contrazione della sfera terrestre avrebbe prodotto delle pieghe finchè la corteccia era sottile e quindi delle fessure. La rottura dell'equilibrio della crosta darebbe origine a delle vibrazioni, di ampiezza e di periodo differenti, che si propagherebbero in tutte le direzioni e produrrebbero il massimo loro effetto lungo le linee di dislocazione. Si comprende che dove la scorza subì maggiori deformazioni vi deve essere resistenza sotterranea minore.

Quindi i luoghi prediletti dai terremoti devono essere vicini agli spigoli ed ai vertici del geoide tetraedrico ed alle depressioni intercontinentali. Infatti si verifica che le convulsioni sismiche si manifestano più frequenti nella Spagna, in Italia, nella Grecia, nell'Algeria, nell'Arcipelago della Sonda, nell'Indo-China, alle Antille e nell'America centrale

MOVIMENTI DELLA TERRA

Rotazione. — La terra gira attorno al suo asse da occidente ad oriente con movimento uniforme. Questo fatto è dimostrato da osservazioni che riguardano punti che si trovano fuori della terra e da osservazioni ed esperimenti che si possono fare sulla terra stessa.

1° *Movimento apparente delle stelle.* È effetto della rotazione, *che non è sentita* altrimenti, l'illusione ottica della rotazione della sfera celeste da oriente ad occidente. Le stelle visibili percorrono degli archi più o meno estesi secondo la loro altezza angolare sopra l'asse della terra, e la stella polare che trovasi quasi sull'asse della terra pare fissa.

Ogni stella in generale apparisce all'orizzonte ad oriente e si occulta ad occidente dopo aver raggiunto un'altezza massima o *culminazione* quando si trova sul meridiano del punto ove sta l'osservatore. Questo movimento apparente segue circoli aventi il loro centro sull'asse terrestre (1).

Non essendovi più il giudizio della distanza (vedi vol. I) la stellata vedesi come una sfera di cui la terra, ridotta ad un punto, occupa il centro. La così detta *sfera celeste* (fig. 21) è quindi un effetto di illusione ottica, come i raggruppamenti stellari, cioè le costellazioni e le nebulose risolvibili, fatte di tante stelle (2)

L'asse della terra prolungato all'infinito è l'asse del mondo. Le stelle girano quindi apparentemente attorno all'asse del

(1) « Ed egli a me: Le quattro chiare stelle
Che vedemmo staman son di là basse
E queste son salite ov'eran quelle ».

DANTE.

(2) « Come, distinta da minori e maggi
Lumi, bianc[illegible] del mond[illegible]
Galassia sì [illegible] ben saggi ».

DANTE.

mondo PP' di cui la terra è il centro descrivendo dei paralleli (AB, CD).

Il piano AD' che passa pel centro della terra ed è parallelo al piano tangenziale al globo terrestre nel punto dell'osservatore dicesi in astronomia *orizzonte celeste*.

(st.). Ben si conosce come per lungo tempo il moto apparente del sole e delle stelle abbia fatto considerare la terra come centro dell'universo (1), e ben si conosce l'importanza

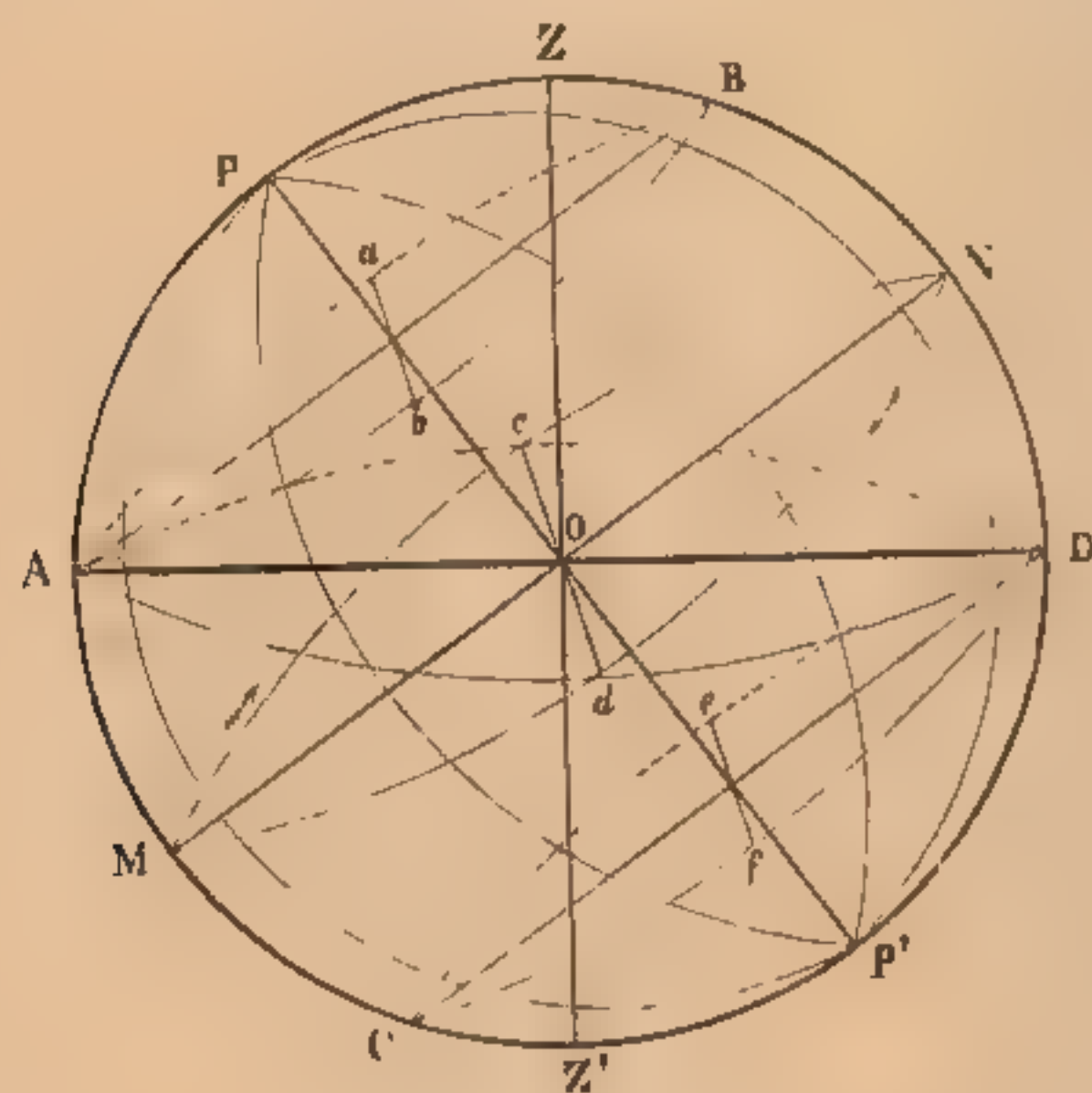



Fig. 21.

delle affermazioni di Galileo Galilei e di Copernico su questo fenomeno.

Non si sapeva che la stella più vicina essendo alla distanza di 102 bilioni di chilometri, avrebbe dovuto percorrere 8 milioni di chilometri al minuto secondo.

Ricordiamo che il sistema di Tolomeo, che non è compito

(1) Per Ariosto sembra assurdo che la terra si muova:
« L'immobil terra gira e muta loco;
S'infiamma il ghiaccio e si congela il fuoco. »

nostro spiegare, si fondava erroneamente sul movimento apparente degli astri. Anche Ticone Brahe ammise che la terra fosse centro del mondo.

2° *Pendolo di Foucault*. Accenniamo soltanto alla celebre esperienza di Foucault fondata sulla posizione assoluta del piano di oscillazione del pendolo.

Foucault si valse di un lunghissimo pendolo, affinchè l'oscillazione $\left(t = \pi \sqrt{\frac{l}{g}}\right)$ avesse una certa durata e dimostrò l'apparente movimento del piano d'oscillazione di quello, mentre in realtà era la terra che si muoveva sotto, essendo il piano stesso indipendente dal movimento terrestre.

Un pendolo oscillante al polo percorrerà piani angolari successivi, compiendo una circonferenza nel giorno astronomico, cioè nel tempo della completa rotazione: all'equatore non si avrà deviazione. Dal polo all'equatore l'angolo fatto nelle 24 ore sarà minore (1).

Fig. 22. Dimostrazione sperimentale di Foucault (2).

La esperienza di Foucault (figura 22) venne preparata con la massima esattezza. Il pendolo era una grossa palla di bronzo fuso massiccia e si metteva in oscillazione abbruciando un filo che la teneva spostata dalla posizione verticale di equilibrio.

Il quadrante orizzontale era assai largo, e per rendere evidenti gli spostamenti erano stati posti, ai punti estremi dell'arco

(1) In generale si ha che la deviazione del piano d'oscillazione di un pendolo in un'ora è uguale a $\beta = 15^\circ \, sen \, \lambda$, da cui si ricava: $sen \, \lambda = \frac{\beta}{15}$ Ecco quindi un modo di trovare la latitudine.

(2) La figura rappresenta il pendolo prima che sia messo in azione abbruciando il filo *o*. I due mucchietti di sabbia per cui deve passare la punta inferiore sono rappresentati sul quadrante orizzontale in *a* e *a'*.

percorso, due mucchietti di sabbia, di cui una parte veniva asportata da una punta inferiore unita al pendolo. Il filo era di metallo omogeneo, e passava in alto entro una lamina di acciaio in cui era praticato un foro di diametro uguale a quello del filo, cosicchè lo sforzo [illegible] sempre perpendicolare alla resistenza. Per mantenere a lungo l'oscillazione si sostituì più tardi alla sfera di bronzo una di ferro attirata da una elettro-calamita, la cui influenza si faceva sentire solamente quando il pendolo era ad una certa distanza da essa.

Fig. 23. Giroscopio elettrico Trouvé.

Oggi si è ottenuto dal F[illegible]got di fare questa dimostrazione anche con un pendolo di un metro di lunghezza.

3° *Giroscopio.* La rotazione essendo un'oscillazione, diremo così, amplificata, il Foucault pensò di sostituire al pendolo un disco o *toro* animato da rapidissima rotazione (500 giri al minuto) e tenuto sospeso da un sistema che permette qualunque movimento del suo piano e quindi del suo asse.

Se si cerca di farlo girare attorno ad un secondo asse, il giroscopio tende a porsi con l'asse parallelo alla direzione che aveva prima.

Il giroscopio quindi sulla terra si muove apparentemente fermandosi nella direzione *sud-nord*, asse del movimento della terra e l'angolo all'orizzonte che forma è uguale alla latitudine.

Al tempo di Foucault, per ottenere il movimento di un toro libero di muoversi in tutti i sensi, non si poteva ricorrere che all'inerzia, e così adoperò questo scienziato. Egli comunicava al disco una rotazione rapidissima fissandone l'asse

ad un apparecchio a ruote dentate e quindi appendendolo ad un sistema cardanico. Il movimento si conservava quindi solamente per un certo tempo.

Oggi, mediante la corrente elettrica, si può mettere e conservare indefinitamente in movimento un toro. Basterà che sia di ferro e disposto come quello di un motore elettrico. Sinchè una corrente passa nel filo induttore l'anello gira come girano le ruote dei motori elettrici. La fig. 23 rappresenta il giroscopio elettrico Trouvé che è in uso sulle navi, unito ad un sistema cardanico di sostegno. L'equilibrio dell'armatura meccanica è ottenuto da una massa *P*, che si può portare alla distanza necessaria *P'* secondo lo stato del mare e quindi le maggiori oscillazioni della nave (1).

4° *Caduta dei corpi.* I corpi che cadono dall'alto non battono sul piede della verticale, ma più verso l'est, nella direzione del parallelo. La massa del corpo è infatti soggetta nel punto alto *A* (fig. 24) ad una velocità di rotazione verso est maggiore del punto *B* (piede della perpendicolare). Abbandonata, continua per inerzia ad esser soggetta alla medesima velocità e quindi per composizione delle forze cadrà nel punto *B'*, percorrendo un'obliqua (2).

A

ovest B B' *est*

Fig. 24.

5° Ogni massa che si muova nella direzione di un meridiano da o verso l'equatore subisce gli effetti della composizione con la velocità crescente o decrescente della terra. Quindi

(1) L'asta passa per un foro speciale del ponte. Si osserva:

1° un quadrante orizzontale fisso;

2° un anello verticale mobile attorno al suo diametro orizzontale ed unito in basso all'asta ed alla massa *P*;

3° altri anelli interni, fra cui il disco elettrico.

(2) Si ricordino le esperienze di Guglielmini fatte a Bologna dalla torre degli Asinelli.

a) I venti di nord si piegano all'ovest nell'emisfero boreale ed all'est nell'emisfero australe;

b) Il corso dei lunghi fiumi scorrenti sensibilmente nella direzione di un meridiano subisce un simile effetto;

c) Nelle rotaie delle grandi linee ferroviarie dirette dal Nord al Sud, si consuma più rapidamente quella che si trova all'Ovest;

d) La formazione della depressione intercontinentale avrebbe per causa la rotazione della terra (v. capitolo precedente).

6° Lo schiacciamento polare.

7° La diminuzione della gravità a latitudini più alte.

8° Il giorno e la notte.

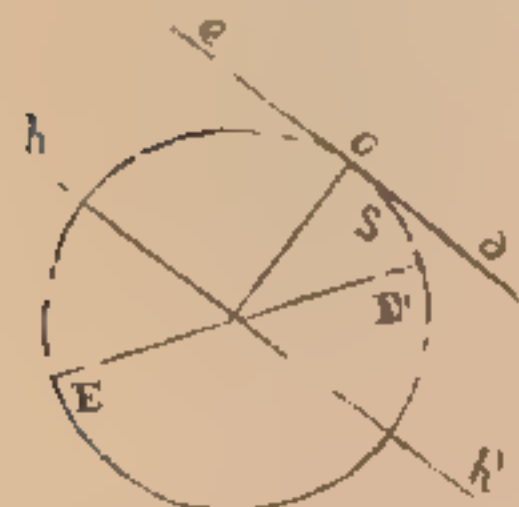
Determinazione della latitudine e della longitudine (coordinate geografiche) di un punto.

Latitudine. — Essendo, come si disse, la latitudine uguale all'altezza angolare del polo sull'orizzonte, basterà osservare la stella polare e misurare la sua altezza sull'orizzonte del luogo (1).

Determinazione del meridiano. — Descrivendo le stelle degli archi concentrici ai paralleli della terra, una stella qua-

(1) Si può anche determinare la latitudine di un punto dal passaggio di una stella al meridiano di quel punto. Per una stella di declinazione boreale la latitudine è uguale al complemento della sua altezza all'orizzonte più la sua declinazione. È questo il metodo più rapido.

Fig. 25.

Sia infatti $E\,E'$ l'equatore del mondo. Il punto o corrisponde allo *zenith* del punto di cui si cerca la latitudine; $h\,h'$ sarà il suo orizzonte astronomico. Si osservi l'altezza della stella S al suo passaggio sul meridiano. La latitudine sarà $o\,E' = S\,E' + o\,S$

Ora $S\,E'$ è la declinazione della stella ed $o\,S$ il complemento della sua altezza al meridiano.

lunque si troverà sul meridiano quando avrà raggiunta la sua massima altezza angolare.

Perciò per stabilire la direzione del meridiano si osserva una stella ad oriente ad una data altezza con un cannocchiale a traguardi, mobile attorno ad un asse verticale, e si attende che passi alla medesima altezza ad occidente. La direzione del meridiano sarà data dalla bisettrice dell'angolo che si fece descrivere al canocchiale.

Nella nautica si usa il sestante (fig. 26), strumento comodissimo ad usarsi malgrado il dondolio della nave. Esso serve

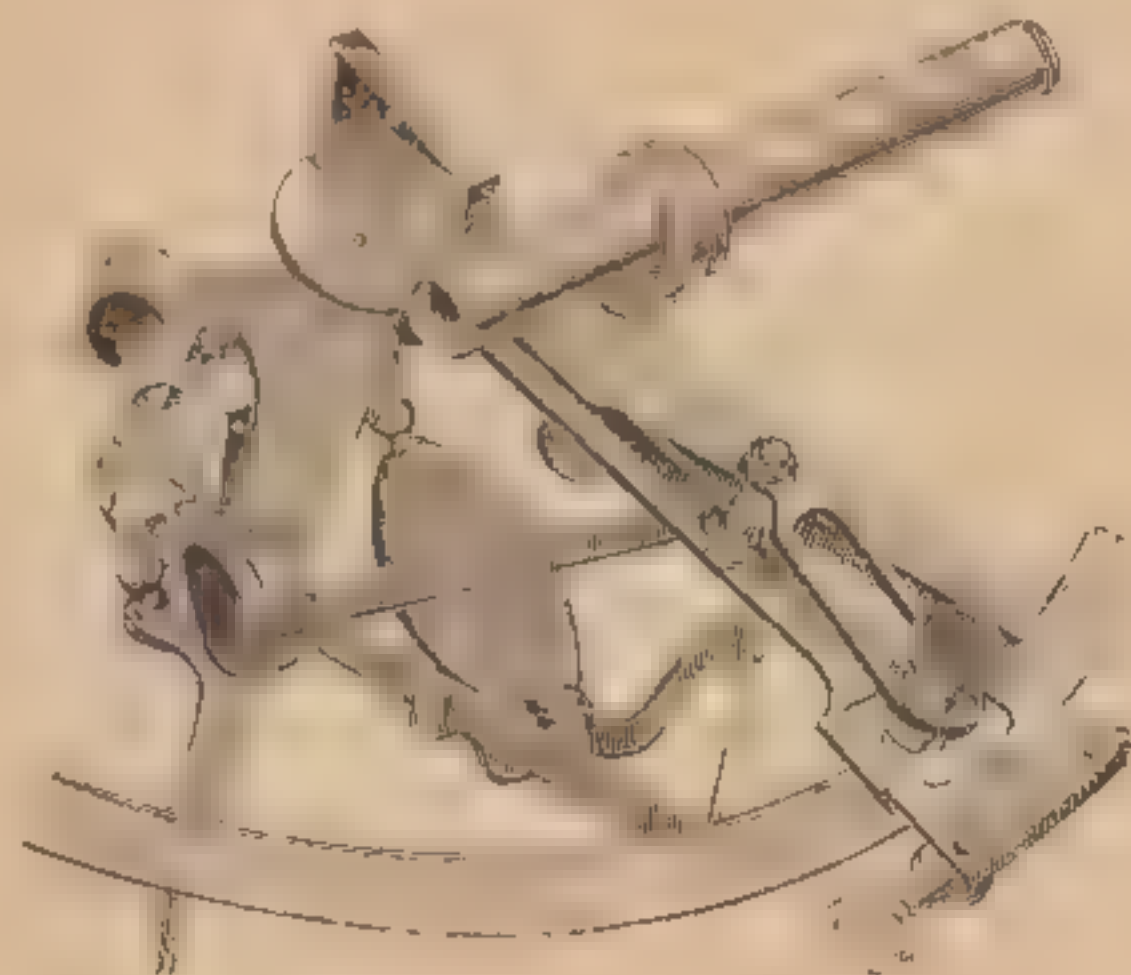



Fig. 26. Sestante — .

per determinare la distanza angolare di due astri e si compono di un settore circolare metallico che si sostiene per un manico in modo che il suo piano passi per le due stelle (1).

Longitudine. — Non indicheremo che il metodo cronometrico.

(1) Si fonda sulle leggi della riflessione della luce. Si osserva una delle due stelle col cannocchiale unito allo strumento e quindi si fa muovere un alidada finchè l'immagine dell'altro astro, veduto in uno specchietto annesso, coincide con quella del primo. L'angolo misurato è il doppio di quello che si cercava.

Esso si fonda essenzialmente sulle differenze orarie. Occorrendo fare le osservazioni in climi ed in stagioni differenti è necessario servirsi del cronometro nautico, cioè di un orologio con bilanciere a compensazione il cui raggio sia costante anche col variare della temperatura (1).

Si regola il cronometro sull'ora del meridiano iniziale e si confronta l'ora del luogo, sempre determinabile con precisione dal mezzogiorno, con quella del meridiano iniziale.

La terra infatti si muove *sotto il sole* (diremo così per intenderci) come un orologio, compiendo un giro in 24 ore; perciò

una differenza di 1 ora . . corrisponde a $\frac{360^\circ}{24}$ . . . . $= 15^\circ$

1 min. primo » $\frac{15^\circ}{60} = \frac{15' \times 60}{60} = 15'$

1 min. secondo » . . . . $15''$

La differenza oraria corrispondente ad un grado di longitudine sarà quindi di 4 minuti primi (2). Si troverà così la distanza angolare del meridiano iniziale (3).

Bussola. — Omettiamo la descrizione e l'uso di questo strumento abbondantemente spiegato nel corso di Fisica.

Movimento della terra attorno al sole.

Rivoluzione).

Come tutti i pianeti la terra percorre attorno al sole una traiettoria eclittica con una velocità di 29.628 metri (circa 30 chilometri) per minuto secondo, conservando il suo

(1) Ciò si ottiene mediante la compensazione degli aumenti prodotta dal differente coefficiente di dilatazione.

2) $$\frac{24\,h}{360} = \frac{24\,h \times 60\,p}{360} = 4p$$

3) Per distanze vicine si può ricorrere a segnali pirotecnici con due orologi regolati sull'ora del luogo. Anche il telegrafo può giovare per distanze grandi non tenendo calcolo della velocità dell'elettricità

asse parallelo a sè stessa ed inclinato sul piano dell'eclittica (1).

Conseguenza di questo movimento è l'illusione del moto apparente annuo del sole, che vedesi sorgere in diversi punti

Fig. 27. Posizione estiva.

nelle differenti stagioni, per cui il sole si muove apparentemente di 1° al giorno da occidente ad oriente.

Fig. 28. Posizione invernale

Sono effetti dell'inclinazione dell'asse della terra le stagioni, variando l'inclinazione della radiazione luminosa e termica rispetto all'orizzonte del medesimo punto.

1) « Tal son qual era anzi che stabilita
Fosse la terra, dì e notte rotando
Per la strada rotonda ch'è infinita ».
PETRARCA.

La fig. 27 rappresenta una posizione estiva per il nostro emisfero; la fig. 28 rappresenta invece una posizione invernale e ci si scorge mutata la durata dei giorni e delle notti alle diverse latitudini.

Le nozioni sulle stagioni facendo in qualche modo parte anche della cosmografia, ci limitiamo a rappresentarle colla

Fig. 29. Stagioni.

fig. 29 che riproduce la terra nelle quattro stagioni, veduta da un punto a distanza infinita sopra il polo Nord (polo del Mondo)

- *p* polo boreale
- *a b c* equatore
- T.1. massima declinazione australe del sole (solstizio di inverno)
- T.2. equinozio di primavera
- T.3. solstizio d'estate
- T.4. equinozio di autunno.

Altri movimenti della terra

Notiamo dapprima quello che è proprio del sole, movimento che è seguito dalla terra e dagli altri pianeti, onde essa è trascinata in nuove regioni dello spazio.

(*st.*). Il filosofo Kant aveva immaginato che l'universo del sole e delle stelle si aggirasse attorno ad un unico centro che sarebbe stato la stella Sirio.

L'Argenlander dopo lunghi studi ebbe a credere che questo centro si trovasse nella costellazione di Perseo (1).

Nel 1783 l'Herschel annunziò di aver scoperto che il sole si muoveva verso un punto situato nella costellazione di Ercole. Lo Struve disse che la sua velocità era di 7 chilometri per secondo.

Secondo il Moedler il sole e le altre stelle si muoverebbero attorno ad un gruppo centrale, cioè ad un semplice punto.

Per la determinazione del movimento proprio del sole è necessario considerare la generalità delle stelle, indipendentemente dal movimento di ciascuna e desumere verso qual tratto di cielo le stelle apparentemente si avvicinano a noi.

Il Secchi cercò di risolvere questo problema con lo studio spettroscopico delle stelle. Essendo i diversi colori effetto di un differente numero di oscillazioni, se siamo trasportati verso una parte del cielo, le stelle di questa regione dovranno apparire all'occhio con colori di numero più alto di radiazioni.

Si pensi a quello che succede per il suono. I suoni più alti corrispondono a maggior numero di vibrazioni, come i colori più rifrangibili (es. turchino e violetto) sono prodotti da un maggior numero di oscillazioni eteree per un eguale tempo.

(1) Si troverebbe presso la stella Alcione a 86 milioni di volte la distanza del sole dalla terra. L'*anno solare* poi sarebbe di 22 milioni di anni.

Ora il fischio della locomotiva, emesso quando il treno si avvicina a grande velocità, è sentito più alto che quando il treno si allontana. Nel primo caso l'orecchio riceve un maggior numero di onde sonore per ogni minuto primo.

Altri movimenti sono:

1° la precessione degli equinozi.

Per la precessione degli equinozi l'asse della terra descrive un cono retto attorno all'asse dell'eclittica, compiendo un giro in 26.000 anni.

2° La *nutazione*, movimento dell'asse della terra per cui in 18 anni descrive un cono elittico per effetto dell'attrazione del sole e della luna.

3° Spostamento dei poli.

4° Variazioni di raggio dell'eclittica ecc.

Globi terrestri e carte geografiche

I globi terrestri sono generalmente fatti da parecchi strati di carta incollati e modellati entro una forma concava. Il numero degli strati di carta, da cui dipende la resistenza, varia secondo il diametro del globo. Si modellano separatamente i due emisferi che poscia vengono riuniti all'equatore. Il globo così preparato si tornisce affinchè abbia le esatte dimensioni, quindi si applicano i fusi di carta corrispondenti ad un certo numero di gradi di longitudine, impressi con l'incisione, e finalmente si invernicia.

I paralleli ed i meridiani sono generalmente segnati a distanze di 10° o di 15°.

Il primo meridiano e l'equatore invece sono divisi in *gradi*.

Il globo è mobile:

1° attorno al suo asse;

2° attorno all'asse di un meridiano.

Vi sono generalmente uniti:

1° una corona circolare orizzontale nel piano del centro del globo, che può servire d'*orizzonte* a qualunque punto;

2° un semicircolo graduato detto *meridiano principale*.

L'utilità didattica del globo non abbisogna di dimostrazione: esso ci dà la vera nozione intuitiva della superficie della terra. I grossi globi essendo incomodi, le minuzie geografiche mancano in quelli comuni, ridotti perciò ai grandi dati geodetici. La dimensione più utile è quella che corrisponde a 1 metro di circonferenza.

Fig. 30. Mappamondo in proiezione [illegible]

Lo schiacciamento polare è naturalmente nei globi impossibile a rappresentarsi.

Si fecero anche dei globi in pellicola *(baudruche)* (1) che si potevano rigonfiare col fiato e si tentò recentemente di farne di celluloide.

Nello scopo di rendere visibile contemporaneamente tutti i punti di un emisfero si immaginarono anche degli emisferi *concavi*. Si fecero pure dei globi in rilievo: ma la necessaria esagerazione delle altitudini li rende apparecchi goffi ed inutili. Basta infatti notare che su un globo di 1 metro di raggio il Gaurisangar sarebbe rappresentato da una sporgenza di un millimetro.

Fig. 31.
Mappamondo in posizione stereografica

Col globo si possono risolvere parecchi problemi:

A) Trovare le distanze di due punti;

B) Trovare l'ora di un luogo quando è un'altra in altro meridiano;

C) Determinare le coordinate geografiche di un luogo;

D) Determinare gli antipodi di un punto, ecc.

1) La *baudruche* è lo strato connettivo, conciato con [illegible] niche, del peritoneo che avvolge l'intestino crasso del bue e del cavallo.

Carte geografiche. — La superficie sferica non può essere rappresentata esattamente da una carta, non essendo sviluppabile in un piano che con degli errori.

Ciò avviene specialmente per le carte che rappresentano tutto un emisfero, per le quali si ricorre a varie prospettive.

Nelle proiezioni cartografiche il punto di osservazione è a distanza infinita e si usa la *proiezione polare* (per i due emisferi), oppure la *proiezione meridiana*, (fig. 30).

In quelle stereografiche invece si suppone che l'occhio si trovi nel centro dell'emisfero opposto (fig. 31).

Altre proiezioni cartografiche sono *convenzionali* ed altre *per isviluppo*.

A queste ultime appartiene quella di Mercator (1554) utile specialmente per le carte nautiche.

Le carte in rilievo sono fatte o di carta pesta compressa oppure di scagliuola modellata e quindi dipinta.

L'ARIA ATMOSFERICA

Repertorio di dati sull'atmosfera.

Altezza: 60 chilometri (Keplero), 330 chilometri (Sixis), limite teorico 356.776 metri, rispetto al raggio della terra $^1/_{80}$.

Carburo d'idrogeno dell'aria: 1 : 10,000.

Idrogeno dell'aria: 15 : 10,000 (Gautier) = un litro e mezzo per 10 m^3.

Polvere in un cm^3 d'aria dopo la pioggia: 32,000 particelle (Aitken); polvere di un cm^3 d'aria prima della pioggia: 130,000 particelle.

Iodio libero: $^1/_{500}$ di milligrammo su 4000 litri (Gautier).

Batteri di 1 m^3 d'aria a Parigi: 2.310 — 5.950.

» » » Montsouri: 170 — 676.

Temperatura ed umidità secondo le altezze (W. von Belzold).

Altezza in metri	Altezza barometrica	Temperatura	Umidità specifica (1)
0	760	10°,8	5,86
500	717	7°,9	5,33
1000	675	5°,4	4,54
1500	635	2°,9	3,61
2000	597	0°,4	3,08
2500	560	— 2°,3	2,66
3000	526	— 5°,0	2,23
4000	463	— 6°,3	1,68
5000	406	— 16°,7	1,18
6000	355	— 23°,6	0,67
7000	309	— 30°,4	0,30
8000	267	— 37°,6	0,27
9000	231	— 45°,6	—
10000	214	— 49°,6	—
	198	— 53°,6	—

Diametro delle goccioline di nebbia: da mm. 0.012 a 0,35.

(1) Il peso del vapore contenuto in un chilo d'aria.

ATMOSFERA

L'aria preme al livello del mare con il peso di chilogrammi 10,336 per metro quadrato, e, com'è noto, la pressione agisce in tutte le direzioni. Per effetto del movimento di rotazione e del riscaldamento maggiore l'atmosfera deve essere più alta all'equatore che ai poli (1).

Altezza dell'atmosfera. — L'aria pesa 10.472 volte meno del mercurio. Se quindi la sua densità fosse omogenea sino al limite dell'atmosfera, essendo il peso totale uguale (esperienza di Torricelli) ad una colonna di 76 cm. di mercurio l'altezza dell'atmosfera sarebbe 76 cm. $\times$ 10.472 = metri 7.958,77.

Ma è noto che i gas occupano volumi inversamente proporzionali alla pressione (Legge di Mariotte).

Si volle da alcuni che l'aria diminuisse indefinitamente di densità passando così alla materia dello spazio: ma si deve considerare che un limite è indispensabile, là dove la forza centrifuga è uguale alla gravità, tanto più che la temperatura diminuisce enormemente negli alti strati:

a) Il limite dell'atmosfera è appunto stabilito dalla distanza a cui la reazione centrifuga è uguale alla gravità. Si trova con un facile calcolo che quest'altezza corrisponde a 356 chilometri (2):

b) Si cercò di stabilire l'altezza dell'atmosfera dall'accendersi dei bolidi. Per questo fenomeno è infatti necessaria la resistenza dell'aria. Bastano due osservatori che determinino

(1) $\frac{3}{4}$ secondo Laplace.

(2) La forza centrifuga all'equatore è $\frac{1}{288}$ della gravità cioè $\frac{g}{288}$. La forza centrifuga cresce col raggio e la gravità è in ragione inversa del quadrato della stessa. Perciò al limite dell'atmosfera, cioè alla distanza x dal centro della terra la gravità sarà $\frac{g}{x^2}$ e la forza centrifuga $\frac{g\,x}{288}$. Ri-

approssimativamente l'altezza angolare del punto dove apparisce la meteora (1):

c) Keplero pensò di trovare l'altezza dell'atmosfera dalla durata del crepuscolo, cioè dell'illuminazione dell'atmosfera dopo la scomparsa del sole all'orizzonte. Trovò così 60 chilometri, mentre Liais in osservazioni fatte sull'Atlantico collo stesso metodo ebbe 330 chilometri e Faulhon 115 (2).

tenendo questi due valori uguali, si avrà

$$\frac{g}{x^2} = \frac{g\,x}{288};\quad \frac{1}{x^2} = \frac{x}{288};\quad x = \sqrt[3]{288} = 6.6 \text{ raggi terrestri,}$$

partendo dal centro della terra, cioè 5,6 dalla superficie di questa.

(1) Altezza di un triangolo di cui si conoscono due angoli ed il lato compreso.

(2) Sia (fig. 32) i il punto della terra da cui si fa l'osservazione. L'orizzonte sarà ia tangente alla terra. Il crepuscolo durerà dall'abbassamento del sole sotto ia sino a che si troverà in S, sulla tangente che passa pel limite a dell'atmosfera visibile.

Fig. 32.

Questo tempo dà il valore dell'angolo supplementare di iaS che chiameremo α ammettendo che il centro del movimento apparente si confonda con quello della terra. Essendo t la durata del crepuscolo, il valore di quest'angolo sarà $\frac{360^\circ}{t}$.

Ma i triangoli rettangoli Cia e Cda sono uguali avendo l'ipotenusa Ca comune e i due cateti eguali. Quindi l'angolo iaC è uguale a $\frac{1}{2}$ di iad.

Cioè $$\frac{180^\circ - \alpha}{2} = \beta$$

Si potrà quindi stabilire

$$Ca = Ci \cos\beta$$

ossia

$$Ca = R \cos\beta$$

essendo R il raggio della terra.

L'altezza dell'atmosfera sarà

$$ia = Ca - Ci = R\cos\beta - R$$

Si comprenderà dal lettore quante cause di errore si trovino in questo calcolo.

Composizione dell'aria. — *(st.).* Mentre molti antichi filosofi consideravano l'acqua come la sostanza fondamentale degli altri tre elementi, Anassiomene e Diogene d'Apollonia (v sec. a. C.) sostenevano che l'aria era il principio universale! Seneca per il primo ebbe idee analoghe alle moderne, ma solamente nell'VIII secolo Geber accenna ai gas dell'atmosfera *(spiriti)*. Bacone distinse un'aria che mantiene il fuoco ed una che lo spegne.

Paracelso (sec. XVI) non solo accetta le idee di Basilio Valentino sulla necessità dell'aria anche per la respirazione dei pesci, ma paragona la respirazione alla combustione. Leonardo da Vinci espose una simile idea.

Il primo studio metodico sull'acido carbonico venne fatto dal Black nel 1757, e la conoscenza della composizione dell'aria fu completata da Priestley e Lavoisier. Volta (1778) scoprì il *gas delle paludi*.

Componenti principali dell'aria. — La composizione dell'aria (Leduc) è la seguente:

	Ossigeno	*Azoto (peso brutto)*
In peso	23,20	76,30
In volume . .	21,00	79,00

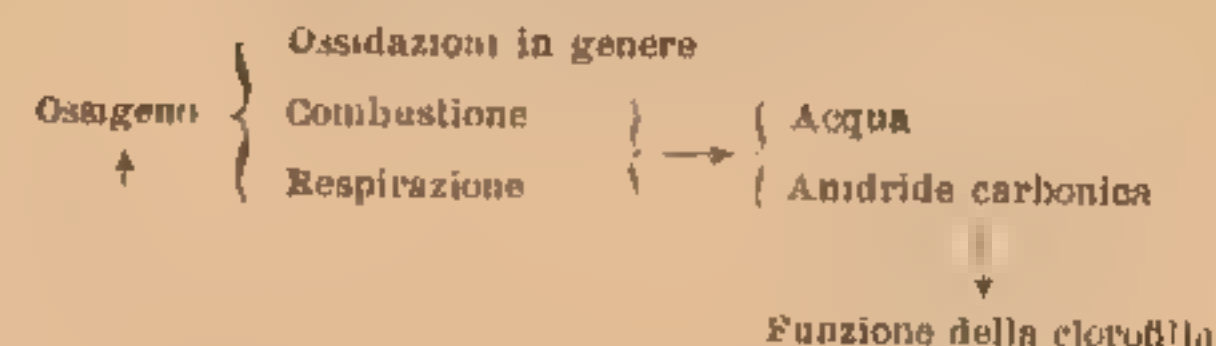
Ossigeno. — *(esp.).* Una soluzione di acido pirogallico in un bicchiere, assorbe l'ossigeno dell'aria e diventa oscura. L'abbrunimento si verifica più spiccato nella parte superiore dove avviene specialmente la soluzione di quel gas.

L'aria che incombe al mare contiene un poco meno di ossigeno di quella dei continenti, il che dipende dalla minore solubilità dell'azoto.

Il bilancio dell'ossigeno ottenuto ora mercè le funzioni antagoniste delle piante verdi, che lo producono decomponendo CO^2 e delle ossidazioni che lo consumano, fra cui la più importante è la respirazione, si conserverà indefinitamente? (1).

(1) Il Phipson crede che l'O si sia introdotto nell'atmosfera per opera di vegetali primitivi. Secondo questo chimico, l'O viene aumentando continuamente.

Il Richet trattò di questo problema, ottenendo risultati abbastanza promettenti per l'avvenire.

Circolazione dell'ossigeno (Anf.)

Azoto. — La funzione dell'azoto è importantissima essendo una sostanza necessaria a tutti i viventi. Si sa che l'azoto atmosferico non è assorbito dalle piante le quali invece se ne provvedono specialmente mercè gli azotati o nitrati assorbiti dal suolo.

Tuttavia tutto l'azoto organico deriva dall'atmosfera:

1° per la combinazione che si verifica sotto l'azione della elettricità in tensione, formando acido nitrico HNO^3.

(esp.). Facendo scoccare delle scintille elettriche per mezzo di un rocchetto d'induzione in un recipiente contenente aria umida, si può dimostrare la presenza di acido nitrico mercè il noto reattivo *(Difenilammina)*.

2° per l'assorbimento dei batteroidi, siano liberi nel terreno od associati alle radici (simbiotici).

—

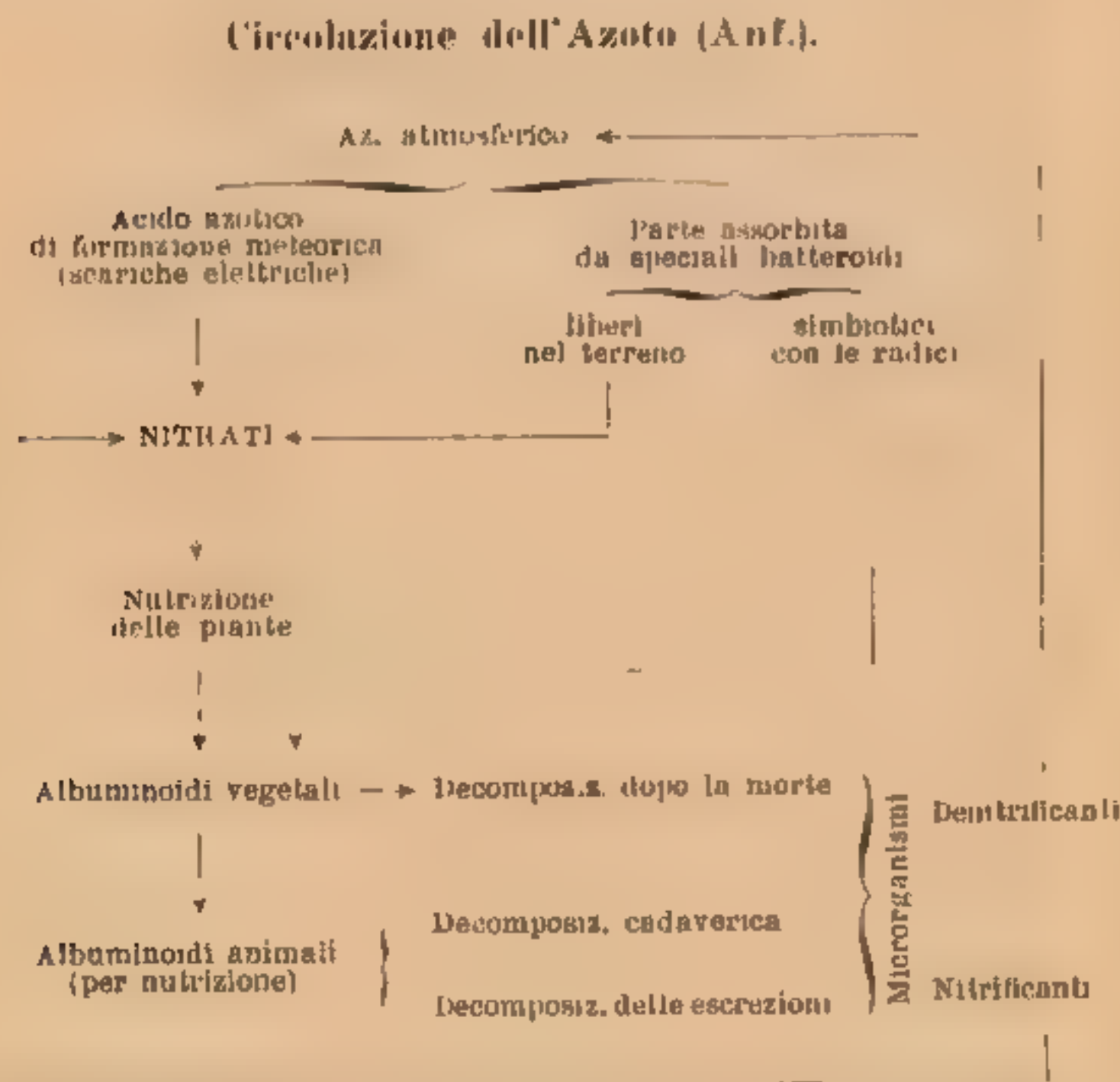
Questo fisiologo faceva tuttavia un errore in più supponendo che l'ossigeno si trovasse in eguali proporzioni a tutte le altezze. Il peso dell'aria essendo eguale a quello di una calotta sferica di mercurio di 0,76 metri di altezza, il volume di questa calotta, essendo R il raggio della terra ed R' il raggio della terra avvolta dallo strato di mercurio sarebbe $\frac{4}{3}\pi(R'^3 - R^3)$. Calcolando la massa dell'ossigeno eguale ad $\frac{1}{5}$ si trova il peso dell'ossigeno essere ad un dipresso di 1000 miliardi di milioni di chili. Supponendo poi che il *plancton* totale del mare sia di 5 grammi per metro quadrato e quindi la massa sia di 1500 miliardi di chili e calcolando approssimativamente il peso totale dell'umanità e di tutti gli animali si trova che il regno animale non consuma più di 13 miliardi di chili al giorno di ossigeno.

L'ossigeno per effetto della respirazione non diminuisce quindi che di un decimilionesimo al giorno.

Nell'ordine evolutivo, mancando i nitrati in natura, senza la formazione meteorica non avrebbero potuto *esistere* i batteroidi e quindi gli altri esseri tra di loro concatenati.

Vi è quindi nel terreno un continuo assorbimento di azoto e nell'aria una continua sottrazione dello stesso gas. Una parte viene restituita all'atmosfera, dopo di aver costituite le molecole albuminoidi, per opera dei microbi, mentre il rimanente azoto delle stesse molecole viene restituito al terreno da microrganismi specifici in forma di nitrati.

Nella seguente tavola è riassunta la rotazione chimica di quella parte dell'azoto atmosferico che viene convertita.

Circolazione dell'Azoto (Anf.).

Anidride carbonica. — *(esp.)* L'esistenza del CO^2 nell'aria si dimostra con un batuffolo di cotone imbibito di una soluzione alcalina di fenolftaleina che col tempo imbianchisce.

Esso è la sorgente di tutto il carbonio dei composti organici, come fu origine del carbon fossile (1).

La funzione regolatrice della sua quantità è compita in parte dalle piante ed in parte dal mare. Se infatti viene a aumentare la tensione di CO^2 nell'atmosfera si formano dei bicarbonati e principalmente del bicarbonato di calcio; se la stessa tensione diminuisce avviene la *dissociazione*, cioè la parziale decomposizione, *in apparenza* spontanea, dei bicarbonati, che ristabilisce la primitiva tensione.

Alcuni geologi ammettono tuttavia che la quantità di CO^2 atmosferico fosse maggiore in tempi remotissimi. Un'altra perdita di CO^2 è la dissociazione delle roccie e la sostituzione di CO^2 all'acido silicico formandosi così dei carbonati (2).

Questa è una causa di sottrazione di una grande importanza; onde più seria è la questione della mancanza possibile col tempo del CO^2 necessario alla vita dei vegetali.

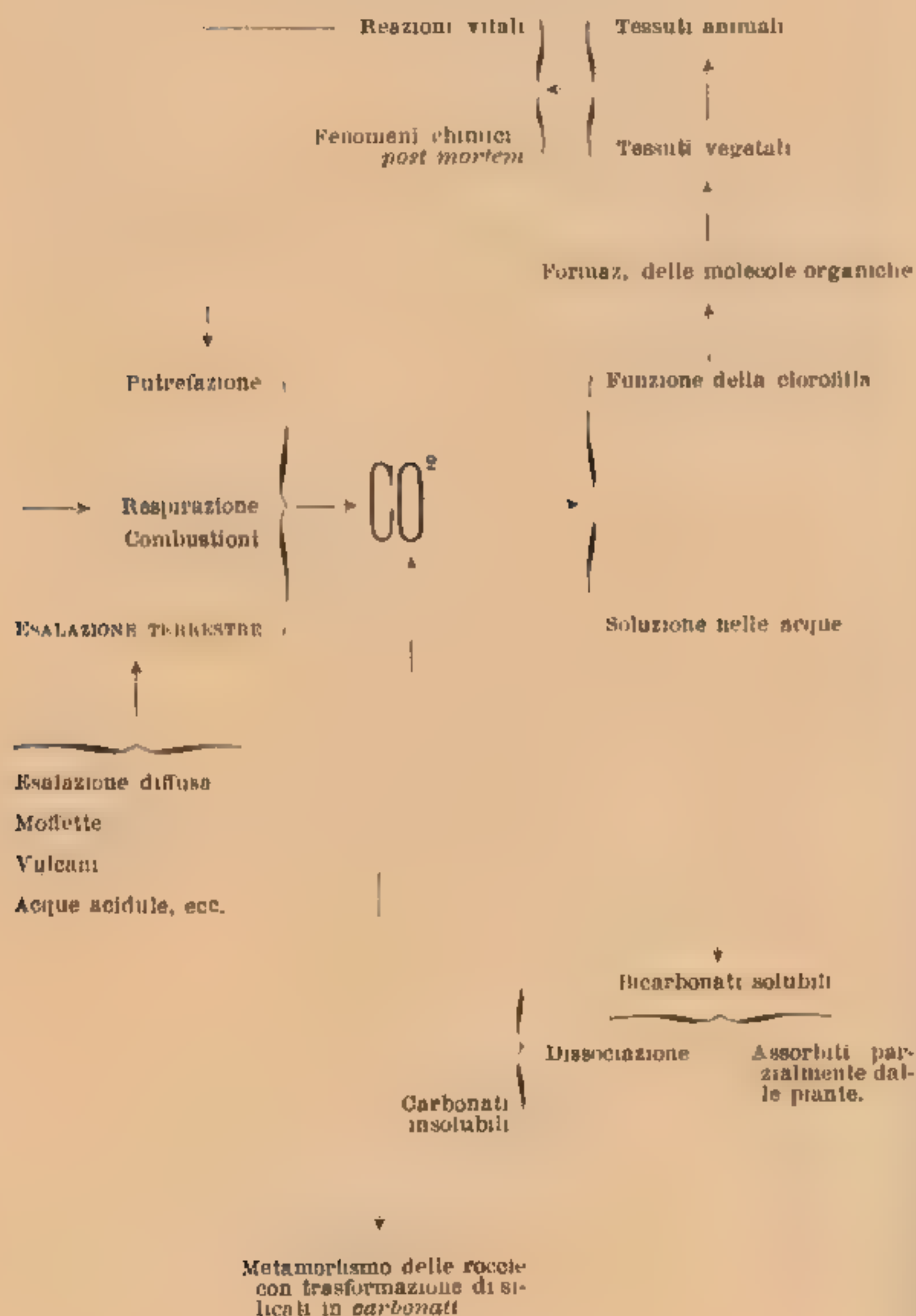
(ig.). L'acido carbonico aumenta negli ambienti abitati. Quando si trova in proporzione *doppia* del normale (Pettenkofer) è un *indicatore* di condizioni antigieniche, non già perchè sia velenoso, ma perchè con il CO^2 esalato vengono pure eliminate, come è noto, dagli animali e dall'uomo delle sostanze velenosissime (3).

(1) La quantità totale di carbonio atmosferico è a un dipresso di 400 miliardi di chili, ma anche il carbonio degli esseri viventi si cambia in CO^2. Supponendo, con calcoli certo inferiori al vero, che il peso di tutta la sostanza organica degli animali viventi sia di 20 milioni di milioni di chili, ed il C rappresentando circa il 4 % del peso degli animali, tutto il regno animale potrebbe dare 800 miliardi di chili di questo corpo.

(2) « Selve, sassi, campagne, fiumi e poggi,
Quant'è creato, vince e cangia il tempo »

PETRARCA.

(3) *(ig.)* L'acido carbonico non agisce come veleno nella comune asfissia e si sa che esiste nei vini spumanti e nelle acque gassose. Diventa però realmente velenoso se si oltrepassa una certa proporzione, cioè manifesta qualità tossiche. Il Carpenè immaginò un apparecchio indicatore delle quantità di CO^2 nelle tinaie dall'intensità della combustione di una lampada a petrolio.

Circolazione dell'anidride carbonica (Anf.).

In grande quantità CO^2 agisce come un vero *veleno;* ma generalmente l'asfissia è prodotta semplicemente dalla deficienza dell'ossigeno.

CO^2 abbonda nell'aria delle tinaie, al tempo della fermentazione, e rimane nei tini, compiendosi per la sua densità, lentamente la sua diffusione (1).

Le proporzioni di CO^2 nell'atmosfera variano alquanto secondo i luoghi e le correnti. Il Roster (Firenze) trovò la media generale di 3,10 per 10,000: il Truchot 3.942 (2).

Vapore d'acqua. — *(st.).* Il napoletano Porta fu il primo a dimostrare l'esistenza di vapore nell'aria con un recipiente pieno di un miscuglio refrigerante (formazione di rugiada).

(esp.). Si può dimostrare la presenza del vapore:

1° con sostanze igroscopiche che lo assorbono, come il cloruro di calcio, l'anidride fosforica, il cloruro di magnesio (deliquescenza).

2° con carte colorite con sostanze che variano di colore con l'umidità, come i sali solubili di cobalto o di nichel.

Lo studio del vapore contenuto nell'atmosfera appartiene all'*Igrometria* (V. Corsi di Fisica).

Ozono (O^3). — *(esp.).* Un pezzo di carta iodurata ed amidata (ioduro di potassio + amido) si colorisce in azzurrognolo

(1) La morte prodotta dalla combustione del carbone in ambienti chiusi è da attribuirsi all'ossido di carbonio (CO) e non a CO^2. Quando infatti l'ossigeno comincia a mancare si forma CO velenosissimo. Nelle esperienze della medicina legale sugli animali si verificò sempre che dopo la morte di questi poteva ancora conservarsi accesa nell'ambiente una candela, cioè vi era ancora sufficiente quantità di ossigeno per la respirazione.

(2) Ecco i risultati del Roster:

Minima assoluta	2,47	Pressione alta	3,15
Massima »	4,19	Prima della pioggia	3,16
Media della minima	2,79	Dopo la pioggia	3,20
» » massima	3,36	Inverno	2,96
Tempo sereno	3,09	Primavera	3,01
Cielo coperto	3,09	Estate	3,43
Pressione bassa	2,99	Autunno	3,43

dimostrando l'esistenza di O^3: ma per ciò occorre un tempo molto lungo.

L'ozono si trova nella proporzione massima di $\frac{1}{450.000}$; ma è molto variabile. Si attribuisce la sua causa principalmente all'elettricità.

Ammoniaca ($H^3 N$). — *(esp.)*. Le acque di pioggia dànno col reattivo di Nessler la reazione diagnostica di questa sostanza.

L'ammoniaca è più abbondante nell'aria delle città. La sua produzione è da cercarsi:

1° nell'azione dell'elettricità;

2° nelle fermentazioni ammoniacali;

3° nella combustione del carbon fossile.

L'ammoniaca è assorbita dalle piante.

Idrogeno solforato ($H^2 S$). — È prodotto dalla putrefazione e viene anche esalato da certe acque termali e sulfuree. Si trova quindi sempre nell'aria.

(esp.). Una carta imbibita di acetato di piombo viene col tempo annerita per la produzione di solfuro di piombo.

L'$H^2 S$ dell'aria è causa dell'annerimento della biacca e delle vernici dei quadri nonchè dell'argento.

Lentamente questo composto si cambia in acido solforico.

(Esp.). Uno straccio imbibito di una soluzione di $H^2 S$ viene lasciato all'aria per lungo tempo. Quindi si può dimostrare la alterazione della cellulosa con la nota reazione del bleu di metilene.

Anidride solforosa *($S O^2$)*. — Esiste presso ai vulcani.

Acido solforico *($H^2 S O^4$)*. — Proviene dall'ossidazione di $H^2 S$ e di $H^2 S O^3$.

Carburi d'idrogeno. — Si trovano nell'aria in varie proporzioni. Sulle alte montagne ed in alto mare (Gautier) sono in minor quantità. A Lione (Boussingault) esistono nella proporzione di 1: 10.000.

Provengono:

1° dall'esalazione terrestre e delle paludi (gas delle paludi, gas naturale);

2° dalle fughe di gas e dall'incompleta combustione (nelle città).

Ossido di carbonio ($C O$). — Si forma in tutti i casi di incompleta combustione e si trova anche nel gas.

(esp.). Si prepari una soluzione di cloruro di palladio e si faccia gorgogliare attraverso ad essa del gas illuminante.

Il reattivo, per effetto di questa sostanza, annerisce.

(ig.). $C O$ è un gas velenosissimo che distrugge l'emoglobina del sangue, ed è tanto più pericoloso perchè senza odore.

Si può trovare nell'aria per parecchie circostanze, come per:

1° caloriferi guasti;

2° fughe di gas;

3° stufe a colonna di carbone (ad alimentazione continua) in cui si produce la reazione $C O^2 + C = 2 C O$. Si comprende quanto siano dannose se il tiraggio non è perfetto;

4° apparecchi di riscaldamento a *carbone chimico* (1) senza camino.

Per riconoscerne la presenza si può usare il metodo di Racine.

(esp.). Si prepara un bioccolo di fulmicotone e lo si impregna di nero di platino. Questa sostanza condensa il $C O$ e se questo esiste si riscalda ed accende il fulmicotone. Si può pure usare la carta preparata al cloruro di palladio che annerisce in presenza di ossido di carbonio.

Jodio. — Si trova in minima quantità allo stato libero (2).

Alcool dell'aria. — Si trova sempre nell'aria in minima quantità (Muntz), ed è alcool etilico, prodotto dalla decomposizione delle sostanze organiche.

(1) Il carbone chimico è un impasto di polvere di carbone con dei nitrati. Spesso si usa il nitrato di piombo che dà vapori anche più nocivi.

(2) Proviene dalla decomposizione degli ioduri, prodotta dall'ozono e dall'ossigeno in presenza di $C O^2$ (Berthelot).

Odori dell'aria. — Non si può determinare ancora la natura chimica degli odori dell'aria.

Sostanze velenose dell'aria. — Sono esalate dal polmone e dalla pelle dell'uomo e degli animali anche allo stato di perfetta salute.

(esp.). Un animale tenuto in un vaso chiuso in cui si trovi del biossido di sodio muore dopo breve tempo, benchè l'ossigeno sia continuamente ricostituito a misura che l'animale produce del CO.

Fuochi fatui (Fosfuri d'idrogeno). — Il fenomeno dei fuochi fatui, descritto in molti libri, non ha certezza scientifica

La sostanza che ne sarebbe causa, cioè un miscuglio di fosfuro liquido e di fosfuro gassoso, non venne sperimentalmente ottenuta con la putrefazione dalle sostanze organiche fosforate. D'altronde, se si osserva il fenomeno in una esperienza, si verifica che la fiamma si spegne istantaneamente e lascia odore del prodotto di combustione del fosforo.

(esp.). Basterà perciò lasciar cadere in un bicchiere pieno d'acqua del fosfuro di calcio.

Molti oggi negano i fuochi fatui, osservando:

1° che generalmente non vi è che un solo testimonio;

2° che giammai i testimoni accennano all'odore di fosforo;

3° che le descrizioni non corrispondono a ciò che avviene nell'accensione spontanea del fosfuro d'idrogeno. Secondo le descrizioni, la fiamma ipotetica del fuoco fatuo *durerebbe*, si muoverebbe orizzontalmente e sarebbe trascinata dalle correnti (1), tutte circostanze contradditorie alla produzione del fosfuro.

Per ciò si suppone che si tratti di illusioni, prodotte:

a) dalla contrazione spasmodica dei muscoli motori dell'occhio, cioè da *fosfeni* (V. Zoologia);

b) da fenomeni di fosforescenza batteriologica;

c) da fuochi di S. Elmo;

d) dalla suggestione della paura, che è causa fisiologica di illusioni e di allucinazioni.

---

1 « ... e le paludi accende
Fiamma improvvisa che lambisce e vola »
PARINI.

Emanazioni radioattive dell'aria. — Recentemente si constatò (Elster e Scikel) raccogliendole sopra fili metallici carichi d'elettricità negativa, che l'aria conteneva emanazioni dotate di radioattività simile a quelle del polonio, del radio, del torio, ecc. Queste emanazioni provengono principalmente dalle argille del terreno. Anche le acque di sorgente (Sella e Pochettino) e le acque ed i fanghi termali sono capaci di comunicare all'aria atmosferica materia radiante.

Polvere dell'aria. — Le sostanze solide dell'aria discendono lentamente per la grande resistenza che trovano in essa. La loro origine è il lavoro dell'acqua e dell'aria sulla terra, il lavoro industriale, la morte di certi tessuti e la disseminazione dei germi di esseri microscopici.

Pasteur dimostrò l'esistenza nell'aria di spore e di germi di microrganismi. Aggiungasi la polvere cosmica ferruginosa che si depone in tutte le regioni della terra.

Polveri dell'aria.

(esp.). Si versa su di una lastra di vetro orizzontale uno strato di gelatina calda e si lascia solidificare entro camera

umida sterilizzata, cioè in un recipiente di vetro, chiuso con coperchio che venne lavato con soluzione di sublimato. Quando è fredda, basterà levare per breve tempo il coperchio e quindi rimetterlo. Le spore *cadute* dall'aria sulla gelatina si svilupperanno in colonie di microbi od in miceli di muffa ben visibili ad occhio nudo e col microscopio.

Invece in un'altra lastra di vetro (testimonio) con gelatina, tenuta in camera umida, non si svilupperanno nè microrganismi nè muffe.

Il numero dei batteri diminuisce con l'umidità: è quasi nullo sulle alte montagne ed in alto mare. Invece sono abbondantissimi nell'aria delle città.

L'umidità e la pioggia fanno diminuire il numero dei germi di batteri esistenti nell'aria ed invece producono un aumento delle spore di muffe e ciò è in correlazione con quanto già venne dichiarato, cioè che i microbi non possono produrre spore allorchè si trovano in un mezzo umido, ciò che non succede per le muffe.

(*ig.*) Il numero delle spore si determina oggi facendo passare lentamente con un aspiratore un dato volume d'aria in un lungo tubo di vetro orizzontale. I germi si depongono e si sviluppano in colonie od in miceli specialmente nella parte inferiore del tubo.

Detonazioni da polveri organiche. — Ogni particella avendo intorno a sè una specie d'atmosfera di aria e quindi anche di ossigeno a forte pressione, se la polvere è finissima ed abbondante può costituire una vera sostanza esplosiva. Così si spiegano le detonazioni che talora avvennero nei molini.

(*esp.*). Si può dimostrare la facile accensione della polvere con la seguente esperienza. Si agita entro di un grosso vaso di vetro che sia ben asciutto e chiuso un poco di polvere di licopodio. Quando l'aria interna è ben polverosa si apre il vaso e se ne avvicina rapidamente la bocca ad una fiamma tenendolo orizzontale. Si vedrà una vampa nell'interno del vaso, prodotta dalla diffusione della combustione da particella a particella

(*ig.*) La polvere di carbone nelle miniere può cooperare col *grisou* per produrre detonazioni. Quindi nelle miniere asciutte si usa di innaffiarne il suolo.

Mezzi d'indagine.

Lo studio dei fenomeni dell'atmosfera si compie:

1° con gli osservatori meteorologici a grandi altezze;
2° con le escursioni aereonautiche;
3° coi cervi volanti:

Il cervo volante venne adoperato per la prima volta a scopi scientifici dallo scozzese Wilson nel 1794 e quindi da Franklin.

Quelli oggi in uso hanno 8 m² di superficie. Il filo è di acciaio e pesano 5 o 6 chili. Il peso totale è 31 chili.

Se ne attaccano diversi allo stesso filo, alla distanza di 1000 metri l'uno dall'altro. All'osservatorio di Blue Hill si alzarono a 4860 metri ed a Trappel a 5300 metri.

4° coi *palloni sonda.*

I palloni sonda sono fatti di carta di China verniciata, della capacità di 50 m³. Si alzano facilmente a 14.000 metri.

Vi si uniscono apparecchi registratori, la bandiera nazionale e l'avviso di consegnare tutto il materiale trovato contro compenso di una mancia. Ne vengono lanciati ogni primo giovedì del mese da Roma, Monaco, Parigi, Varsavia, Mosca, Strasburgo, Stoccolma, Beth, Przemyol, Berlino, Pietroburgo, Christiania.

Lo studio delle grandissime altezze dell'atmosfera è tuttavia poco interessante per i problemi pratici a cui mira la meteorologia, che sono la *previsione del tempo* e la possibile *navigazione aerea.*

Le cause della variazione del tempo, tanto importanti per l'agricoltura e per la navigazione, non si trovano a quelle altitudini (1).

(1) Così il Tasso descrive i fenomeni meteorologici come se si vedessero da altezze relativamente piccole... del Libano e del Carmelo:

« E sotto i pie' mi veggo or folte or rade
Le nubi, or negre, ed or pinte da Iri;
E generar le pioggie e le rugiade
Risguardo, e come il vento obliquo spiri,
Come il folgor s'infiammi e per qua' strade
Tortuose in giù spinto ei si raggiri ».

Le correnti atmosferiche, le cause della grandine, delle nebbie, le aurore boreali rappresentano la parte più promettente della meteorologia.

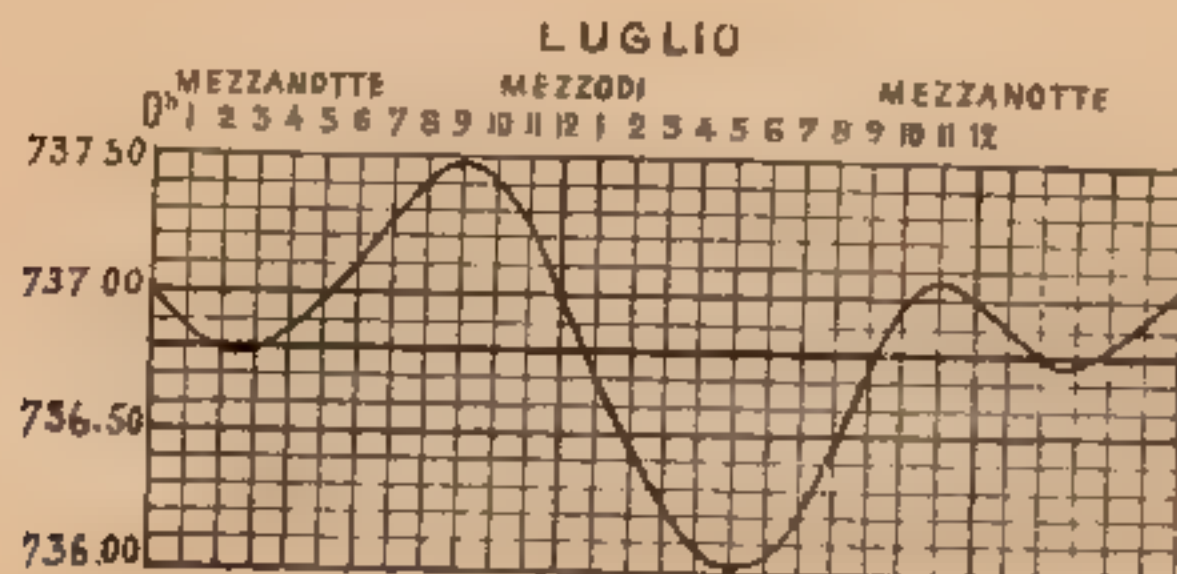



Fig. 33. Rappresentazione delle variazioni diurne di pressione barometrica.

Le escursioni aeronautiche a grande altezza sono oggi con ragione quasi abbandonate.

Variazioni di pressione. — Esistono variazioni periodiche diurne ed annuali. La fig. 33 rappresenta la curva delle variazioni di una giornata di estate.

Pressione dell'aria - Effetti sugli organismi. — La pressione dell'aria interviene in alcuni fenomeni fisiologici, come:

1° l'inspirazione;
2° la circolazione venosa;
3° l'accesso della linfa nel condotto toracico;
4° l'adesione delle superficie articolari, ecc.

Inoltre nel regno animale la pressione atmosferica agisce in altri modi, siccome è riassunto nella tavola della pagina 65 (1).

(1) Secondo il Bonnier in molti animali esiste il *senso dell'altitudine*, dato dalla pressione dell'aria e dell'acqua, e risiederebbe nell'organo dell'udito o nei suoi analoghi. Ora questi sono degli organi aperti (certe meduse, certi crostacei e certi molluschi), ora comunicano con l'esterno per un canale (squali). Nei pesci questa funzione ha la maggiore impor-

Influenze biologiche della pressione atmosferica (Anf.)

- Pressione dell'aria
  - sue funzioni meccaniche
    - nell'alimentazione
      - Succhiamento del latte nei mammiferi
      - Assorbimento di alimenti liquidi. Es. Proboscide dell'elefante. *Faringe* della mosca (1).
    - nella circolazione
      - Riempimento delle cavità del cuore nella loro dilatazione o *diastole*
      - Funzione delle *valvole* in generale.
      - Circolazione di ritorno o *venosa*:
        1° per la dilatazione del cuore;
        2° per la funzione delle valvole
      - Ascesa della linfa nel condotto toracico:
        1° per aspirazione dalla corrente venosa in cui si versa;
        2° per la dilatazione del torace nell'inspirazione.
    - nella respirazione
      - aerea
        - Inspirazione polmonare
        - Ventilazione tracheale (insetti).
      - acquatica
        - Riempimento della borsa dei cefalopodi
        - Polmoni acquiferi (oloturie).
        - Vasi acquiferi
    - nella locomozione
      - Pressione sulle superficie articolari
      - Movimenti speciali di locomozione nei cefalopodi, nelle meduse, ecc.
    - Organi di adesione (cosidette *ventose*)
      - Cefalopodi
      - Vermi discofori
      - Pedicelli degli echinodermi
  - suoi effetti chimico-fisiologici
    - Aumento
      - Tossicità dell'ossigeno a forti pressioni.
      - Uso dell'aria compressa nella medicina
      - Palombari e lavori subacquei con l'aria compressa.
    - Diminuzione
      - Aeronautica — Effetti fisiologici.
      - Alpinismo — Male della montagna.
      - Stazione in montagna — Iperglobulia.

(1) Tubo che si dilata per effetto di muscoli.

Aria rarefatta e aria di montagna. — L'aria contiene notevolmente una minor quantità di O quanto più si sale: ma negli animali e nell'uomo viventi a grandi altezze il numero dei globuli del sangue è maggiore, e quindi ad ogni inspirazione il sangue può assorbire la stessa quantità di gas.

(ig.). Dopo pochi giorni di soggiorno in montagna i globuli rossi sono aumentati di un milione per mm^3.

Il cosidetto *male della montagna* (2) che coglie gli alpinisti novellini dipende dalla deficienza di ossigeno atmosferico, dalla stanchezza, dalla diminuzione di pressione sulle articolazioni ed in gran parte da esaurimento nervoso, secondo le osservazioni delle più celebri guide alpine.

Paolo Bert trovò che negli animali la morte si verifica quando la tensione parziale dell'O è di 2 o 3 centimetri di mercurio, mentre la tensione normale è di 15 cm.

Ascensioni aeronautiche. — Il pericolo maggiore delle alte ascensioni sta nei rapidi innalzamenti, cioè nelle repentine diminuzioni di pressione, nelle quali i gas sciolti nel plasma del sangue, e specialmente l'Az possono passare allo stato di bolle e produrre l'inibizione del cuore.

tanza, e sarebbe data anche dalla vescica natatoria che riceve dall'acqua la sua pressione.

In alcune specie questa vescica è collegata all'orecchio da una catena di ossicini (apparecchio di Weber) che nell'evoluzione precede gli ossicini della cassa timpanica. Nell'uomo questo senso non esiste, perchè non ne abbisogna.

L'apparecchio dell'udito sentirebbe insomma, per una speciale sensibilità tattile, le variazioni di pressione come un barometro aneroide, o meglio come lo statoscopio usato dagli areonauti, strumento che indica variazioni di altezza di 50 centimetri.

(2) « E poi che furo tre giorni montati
Perchè pure a salir si suda e spasima
Sendo in alto una notte addormentati
Uccise Fuligatto la fantasima:
Credo ch' egli eran tanto affaticati.
Che per l'affanno venissi quest' asima »

Pulci.

Notiamo che l'*uscita del sangue* dalle orecchie, dai polmoni, ecc., cioè l'emorragia, non è possibile che in caso di predisposizione organica.

Fra i fenomeni fisiologici meno noti citiamo i seguenti:

1° La terra dall'alto pare *concava* per un effetto di prospettiva, simile a quello per cui un viale visto dall'alto pare che si innalzi;

2° Il paesaggio ha l'aspetto di una carta in rilievo illuminata dal sud;

3° Il fischio della locomotiva si sente ancora a 3000 m.; la voce umana a 1000 m.; il rumore dei treni a 2000 m.

Aria compressa. — Si usa l'aria compressa nei lavori idraulici (palombari, tubi ad aria compressa). Le esperienze di Bert dimostrarono che l'uomo può reggere e lavorare a pressione tre o quattro volte superiore alla normale. Il pericolo sta all'uscita, ed occorre che la decompressione si compia lentissimamente.

Il plasma del sangue infatti discioglie maggior quantità d'aria per effetto della pressione: se questa diminuisce rapidamente, l'aria, e specialmente l'Az disciolto, si estrinsecano in bolle nel sangue stesso ed avviene l'*inibizione* del cuore (mancanza del riflesso motore).

(ig.). Perciò la polizia sanitaria stabilì un regolamento speciale per il lavoro ad aria compressa.

Ricordiamo che l'O puro a grande pressione diventa *velenoso* (Bert) e produce la morte con sintomi tetanici.

Proprietà termiche e loro effetti. — L'aria perfettamente secca è diatermica in sommo grado. Senza il vapore, la terra si raffredderebbe maggiormente durante la notte, irradiando il calore assorbito dal sole.

Infatti una molecola di $H^2 O$ è 16,000 volte più efficace di una molecola d'aria per accumulare il calore. Le cime delle Alpi si trovano per esempio alla medesima distanza dei laghi dal sole, ma con quale differenza di temperatura per effetto dell'umidità!

Il vapore d'acqua trattiene i raggi oscuri e funziona quindi come schermo e come regolatore del calore.

Perciò nel tempo nebbioso e nuvoloso minore è il raffreddamento notturno e non v'ha produzione di rugiada o di brina.

Per contro l'acqua assorbe del calore nella sua evaporazione dalla terra ed allo stato di goccïole microscopiche in cui si trova nelle nebbie e nelle nubi; allorchè l'atmosfera si raffredda lo restituisce in forma di calore di liquefazione del vapore.

(esp.). Per determinare la temperatura dell'aria il termometro deve trovarsi all'ombra ed all'altezza di 1 m,50 a 2 m. sopra un terreno erboso e lontano da muri che potrebbero irradiare del calore.

Fig. 34. Convezione

(ig.) Nelle case il termometro deve essere appeso ad un muro interno ed in luogo dove il sole non possa battere.

Variazione di temperatura. — Nei corsi di fisica si dimostra che l'aria come l'acqua è un cattivo conduttore che si riscalda per *convezione* (1). Perciò la temperatura dell'aria diminuisce dal basso all'alto con una certa regola (grado aerotermico).

Aggiungasi che le grandi altezze sono più vicine allo spazio, dalla temperatura quasi uguale allo zero assoluto.

Il massimo effetto di riscaldamento sarebbe ottenuto quando il sole si trova sul meridiano del luogo; ma la temperatura continua ad aumentare dopo il mezzogiorno, essendo la quantità di calore assorbito maggiore di quella irradiata.

(1) Il riscaldamento per convezione consiste nell'aumento di temperatura a contatto di una superficie calda. La dilatazione prodotta dal calore e quindi la minor densità determina una corrente ascendente nello strato riscaldato, mentre gli strati meno caldi discendono e ne occupano il posto. La fig. 34 rappresenta questo fenomeno nel riscaldamento dell'acqua in una boccia di vetro.

Se l'aria è secca ed il cielo sereno, le notti sono fredde, come avviene nel Sahara, dove non è rara la brina (1).

Stagioni meteorologiche. — Il massimo freddo cade circa il 20 gennaio, ed il massimo caldo verso il 20 luglio. Perciò si divisero in meteorologia le stagioni nel modo seguente:

Inverno: dicembre, gennaio, febbraio.
Primavera: marzo, aprile, maggio.
Estate: giugno, luglio, agosto.
Autunno: settembre, ottobre, novembre.

Nello studio della meteorologia hanno grande importanza le *medie*. Sono infatti le medie che permettono di trovare le leggi dei fenomeni; le *massime* e le *minime* d'altronde possono variare, e non si ha mai la certezza della loro fissità. La stessa *biologia* dimostra l'importanza delle medie: le faune e più ancora le flore di una località sono in relazione con la sua media di temperatura (2).

Diconsi linee *isotermiche* quelle che passano per i punti aventi la medesima temperatura annuale (fig. 35).

Influenza delle altezze. — Una massa d'aria che si solleva si dilata e quindi si raffredda: ecco perciò un'altra influenza atta a produrre raffreddamento. Già abbiamo notato l'influenza della temperatura vicina allo zero assoluto dello spazio (—157°) senza però che lo raggiunga (3).

L'abbassamento di temperatura varia secondo lo stato del cielo.

(1) Sull'altipiano di Pamir (4000 m.) l'inverno dura 7 mesi e si verificano terribili tempeste di neve. Le differenze di temperatura possono essere (Capus) di 40° dall'ombra al sole, e da 75° (estate) a —50° (inverno). In questa condizione la vegetazione è ridotta alle erbe ed a pochi arboscelli.

(2) È qui il caso di notare l'ingiusto ridicolo di cui si vollero da certa gente *di spirito* coprire insieme le medie meteorologiche e gli osservatori che attendono alla loro formazione

(3) Lo zero assoluto escluderebbe il trasporto dell'energia luminosa e calorifica.

Fig. 35. Linee isoterme [illegible]

Le nubi ritardano il raffreddamento per effetto del calore di vaporizzazione restituito dal vapore che si condensa.

Diminuzione di temperatura:

per 500 m.	a cielo nuvoloso 3°	a cielo scoperto	4°
1000 »	» 6°	»	7°
1500 »	» 9°	»	10°,5

La vegetazione subisce gli effetti della temperatura. Così in generale

l'olivo	cessa a	420 m.
il pesco	»	500 m.
la vite	»	550 m.
il noce	»	500–700 m.
le patate	»	1000–1200 m.

Rugiada. — Si ammise universalmente sino ai tempi recenti che la rugiada fosse esclusivamente prodotta da condensazione del vapore dell'aria. La causa è invece complessa: oggi si riconobbe che influisce in sommo grado l'evaporazione della terra erbosa.

esp.). Ponendo sopra l'erba una lastra fredda l'umidità è maggiore sulla superficie inferiore.

Capovolgendo due vasi di vetro, uno sul terreno erboso e l'altro su terreno asciutto, la rugiada si depone in maggior quantità nell'interno del primo.

Le osservazioni di Ferrero (Moncalieri) dimostrano che ogni notte si depongono circa 130 grammi di rugiada per ogni m².

Brina. — La sua causa è analoga a quella della rugiada.

(preg.). La coincidenza delle brinate con le notti serene fu causa del pregiudizio di attribuire le brine alla luna (1). Si ha più facimente la brina con un'aria secca che con l'umidità.

Accenneremo solamente al fenomeno della brina che si può depositare talora nel giorno stesso per effetto ad esempio di

(1) « Era la notte, e il suo stellato velo
Chiaro spiegava e senza nube alcuna;
E già spargea rai luminosi e gelo
Di vive perle la sorgente luna. »

Tasso.

un vento umido che venga ad urtar contro corpi (muri ecc.) freddissimi.

La *brina d'inverno* si depone in associazioni di cristalli orientate secondo la direzione del vento.

Fig. 36. Rose di ghiaccio — A.

Alle brinate d'inverno si possono collegare le *rose di ghiaccio*, descritte dal Bombicci nel 1880 (fig. 36), che si formano in speciali condizioni metereologiche (1).

(1) Calma atmosferica; cielo sereno; temperature elevate diurne, notevole abbassamento notturno.

Nebbia. — È formata da goccioline d'acqua di diametro variabile da 12 μ a mm. 0,35.

(st.). Si ammetteva lo stato vescicolare cioè che fossero piccole bolle d'acqua piene d'aria che si innalzavano per la loro dilatazione come piccoli aerostati.

Oggi si crede che siano gocciole d'acqua generalmente condensate attorno ad una particella solida (Aitken) (1).

(esp.). Facendo arrivare del vapore mediante un tubo entro un largo recipiente previamente lavato, il vapore è invisibile, ma basta proiettare un po' di polvere perchè si formi una nebbia, il *cosidetto* vapore visibile.

(ig.). Si spiega così l'influenza della polvere atmosferica nella produzione della nebbia nelle città industriali, fenomeno che costituisce una causa antigienica sia per l'umidità, sia per la diminuzione dell'illuminazione solare che è un potente disinfettante.

Nubi. — La causa fondamentale delle nubi è la stessa della nebbia: tuttavia le nubi hanno una stabilità relativa di forme tipiche (2).

Ogni gocciola d'acqua è circondata da una piccola atmosfera, indipendente dal suo volume, che è effetto di adesione dell'aria (3).

L'acqua di ogni gocciola assorbe il calore e lo comunica alla sua atmosfera.

La *caduta* della gocciola si verificherà poi quando il suo peso totale, compreso quello della sua atmosfera, è maggiore di quello del volume d'aria spostato *(principio d'Archimede)*. L'aria che circonda le goccioline agisce anche per la sua piccola conduttività ritardando la loro evaporazione.

(1) Curiosa coincidenza. Ariosto scriveva:

« L'alito, il fumo del sudor, la polve
Par che nell'aria oscura nebbia stampi. »

(2) Il Rozet, che si occupò a lungo di questa meteora, notava l'individualità di forma delle nubi.

(3) Così si spiega lo stato di sospensione nell'aria dei cristalli di ghiaccio, dei *cirri* altissimi ed anche l'equilibrio relativo delle particelle di polvere.

Le nubi si possono dividere in

Cirri, alti da 6 a 10 chilometri, formati da cristallini di ghiaccio. Sono nubi bianche, note a tutti (fig. 37 e 38);

Fig. 37. Cirri.

Cumuli (fig. 40), che si trovano ad altezze varie, limitate a 5 chilometri e talvolta *toccano* gli alti edifizi. Se il vento soffia i cumuli diventano degli *strato-cumuli*, in cui si può vedere la lunghezza dell'onda del vento.

Pioggia. — Quando la resistenza dell'aria non può tenere il peso di una gocciola d'acqua questa cade in pioggia (1).

Le cause della pioggia sono tutte quelle che possono determinare la condensazione di grande gocciole:

a) correnti ascendenti. L'aria che ascende si raffredda (2);

b) discesa nei cumuli dei cristallini che costituiscono i cirri;

c) mescolanza di correnti fredde con correnti calde;

d) influenza di cirri (freddi) sopra a cumuli.

Fig. 38. Cirro a coda di gatto, dal Millet. (V. Grandine).

Gli effetti delle pioggie sono:

1° aumento di temperatura nella stagione fredda, prodotto specialmente dal calore di vaporizzazione liberato e dalla diminuita irradiazione del calore terrestre nello spazio;

2° raffreddamento nella stagione calda.

Questo raffreddamento devesi attribuire all'evaporazione di parte dell'acqua caduta, alla temperatura dell'acqua di pioggia ed alle correnti più basse discendenti di aria fredda trascinata dalla pioggia stessa (4).

(*esp.*) Se si avvicina la fiamma di una candela ad una corrente di stille d'acqua spioventi da una *nube* d'innaffiatoio si osserverà che la fiamma si piega verso la corrente stessa, il che dimostra un'azione speciale di aspirazione dal basso (fig. 39).

Fig. 39. (3).

1) Il peso è proporzionale al cubo del raggio: la resistenza al quadrato dello stesso.

2) « Ben sai come nell'aere si raccoglie
Quell'umido vapor, che in acqua riede
Tosto che sale dove 'l freddo il coglie. »
DANTE.

(3) *a b c d* colonna di gocciole. La freccia indica la corrente d'aria discendente.

(4) « Che se gran trave — poco ferro serra
E poca pioggia — grande vento atterra. »
GUIDO DELLE COLONNE.

Neve. — È formata dall'associazione di cristalli, spesso da stelline esagonali di vario aspetto, ed anche irregolari. Sulle montagne si verificano talvolta le *tempeste di neve,* prodotte da neve asciutta e polverosa mulinata dal vento.

La densità della neve varia da $\frac{1}{6}$ a $\frac{1}{20}$ di quella dell'acqua.

La neve cadendo nell'acqua fredda dei mari polari può non fondersi.

Fig. 40. Cumuli.

Allora l'acqua del mare diventa pastosa.

I pescatori di balene dissero questo fenomeno *sladge.*

Anche nelle acque dei fiumi può la neve non fondersi ed incontrando un ostacolo, come una pila di ponte, dare origine ad inondazioni.

Il *limite delle nevicate* varia secondo le latitudini e le altitudini. Altra cosa è il *limite delle nevi perpetue,* pure dipendente fondamentalmente dai medesimi fattori, non che dalla umidità dell'aria.

Nelle Alpi centrali	2.730		2.800 m.
Ande Boliviane	4.800	—	4.928 m
Groenlandia danese	700		1.000 m.
Himalaya	4.900		5.600 m.

Il fenomeno della neve si collega con la produzione dei ghiacciai.

La neve ha influenza nell'economia della natura per la sua piccola conducibilità, che è conseguenza dell'aria che trattiene negli intervalli dei suoi cristalli.

Grandine. — L'opinione che sia prodotta da acqua allo stato di soprafusione, da cui ebbe origine la *campagna* dei cannoni grandinifughi, è oggi quasi da tutti abbandonata.

Probabilmente (Millet) è causata dalla discesa di cirri in istrati inferiori abbondantemente ricchi d'acqua. I cristallini dei cirri si rivestono così di stratificazioni di ghiaccio.

Il potenziale elettrico elevato degli alti strati *positivi* trovandosi in rapporto con il potenziale inferiore dei cumuli è causa dei frequenti fulmini.

(*st.*) Si ricorda solamente come *curiosità storica,* la teoria della grandine di Volta, rappresentata dalla nota esperienza delle palline di sambuco attirate e respinte da due conduttori diversamente elettrizzati.

Alcuni tuttavia ammettono che la causa della grandine sia un movimento prodotto da differenze di livello elettrico. Altri credono che la grandine si generi in correnti vorticose orizzontali od inclinate.

I chicchi di grandine spezzati sono internamente freddissimi e se ne misura la temperatura col metodo calorimetrico (1).

Per regola i temporali vulcanici non sono accompagnati da grandine.

Le grandinate in generale durano breve tempo ed avvengono di giorno. Nelle regioni calde sono rarissime.

1) Cailletet trovò − 10°, 3.

Fenomeni ottici dell'atmosfera.

(*fi*) Si premette l'osservazione che la luce è prodotta da oscillazioni di differenti lunghezze di onda corrispondenti alle sensazioni dei differenti colori (1).

Le onde diminuiscono di lunghezza dal rosso al violetto. La luce bianca è, in natura, la risultante fisiologica di tutti i colori dello spettro solare.

Ne viene per conseguenza che, se AB è la lunghezza dell'onda azzurra e CD quella massima dell'onda rossa, un corpo che abbia le sue dimensioni non superiori ad AB non potrà apparire che azzurro, mentre un'altro di dimensioni uguali a CD potrà apparire bianco purchè sia illuminato da tutti i colori dello spettro.

zzurra A — B
Rossa C — D

Così il fumo di una sigaretta è azzurrognolo vicino all'estremità accesa, per la piccolezza delle particelle che lo formano, ma diventa bianco ad una certa altezza per la condensazione dei vapori.

Ove poi si passi all'osservazione per trasparenza, se in un mezzo si trovano solamente delle particelle di diametro AB, la luce azzurra sarà arrestata, mentre le onde rosse supereranno l'ostacolo.

(*esp.*) Si lasci cadere in un vaso di vetro pieno d'acqua una soluzione di nitrato d'argento o di acetato di piombo. Si formano così delle particelle di cloruro d'Ag o di carbonato di Pb, dapprima piccole e quindi più grosse. Nei due casi si osserverà.

A) l'acqua diventa dapprima azzurrognola, opalescente per riflessione (osservazione diretta). Se si guarda invece una fiamma per trasparenza attraverso al liquido, apparirà rossiccia.

B) Crescendo il diametro delle particelle l'acqua diventa *bianca* per riflessione ed opaca per trasparenza.

(1) La materia che oscilla è l'*etere* che si trova in tutti i corpi. La lunghezza delle onde è di 670 milionesimi di millimetro pel rosso e di 475 (circa mezzo *micron*) pel turchino.

Anticrepuscolo. — È l'ombra proiettata dalla terra sulle nubi. Si osserva solamente in date circostanze, cioè quando l'aria contiene una certa quantità di particelle sospese. Infatti non si produce ombra sopra un corpo trasparente, come notava già Leonardo da Vinci per l'ombra degli alberi sull'acqua, che si verifica solamente se questa è torbida.

Il Moirau osservava l'anticrepuscolo nel secolo passato (*De coloribus cœli*, 1716). Si può vedere mezz'ora prima che spunti il sole e mezz'ora dopo il tramonto ed assomiglia ad una nube di color rosso (Brook).

Crepuscolo. — È effetto della rifrazione atmosferica della luce. Cessa alle nostre latitudini quando il sole si trova a 18° sotto l'orizzonte. In certe circostanze il crepuscolo dura tutta la notte (solstizio d'estate).

Fata morgana. — È un effetto di rifrazione totale degli strati più bassi dell'aria, fatti meno densi per convezione.

Colore dell'aria. — Dipende dalle particelle che vi sono sospese, che corrispondono alla lunghezza d'onda del colore turchino (1).

Se l'aria fosse priva di particelle solide o liquide il cielo apparirebbe nerissimo.

Colorazioni crepuscolari. — I raggi solari, vicini all'orizzonte, incontrano una polvere più densa e goccìole d'acqua maggiori. Per ciò passano solamente i raggi rossi di onda maggiore (2).

Luce crepuscolare. — Si verifica ad occidente, generalmente in seguito ad eruzioni vulcaniche od a venti prolungati, che

(1) « Onde si coronava il bel zaffiro
Del quale il ciel più chiaro s' inzaffira ».
DANTE.

(2) « Di quel color, che, per lo sole avverso
Nube dipinge da sera e da mane. »
DANTE.

portano grande quantità di polvere negli alti strati atmosferici.

Secondo crepuscolo. — Si verifica nelle regioni montuose, specialmente nella Svizzera ed in certe località per speciali condizioni di rifrazione.

Luce zodiacale. — Alcuni attribuiscono all'atmosfera questa luminosità che apparisce ora ad oriente ora ad occidente nel piano dell'eclittica. Visibile in certe sere anche dalle nostre latitudini, diventa più brillante all'equatore.

Secondo Balfour-Stewart i venti alisei a grandi altezze diventerebbero buoni conduttori dell'elettricità e il Marco suppone che ciò sia effetto della corrente elettrica terrestre est-ovest.

(*st.*) Seneca descrisse delle *trabes* luminose nel cielo (1). Niceforo accenna a questo fenomeno nell'anno in cui Alarico occupò Roma (470).

Il Cassini sostenne che la luce zodiacale fosse materia solare irradiata dall'astro equatorialmente, od una polvere di piccoli pianeti; De Moiran sostenne che era un effetto dell'atmosfera solare che si mescolava con quella della terra; Laplace volle che fosse avanzo della nebulosa primitiva; Heiss e Jones supposero che la terra avesse un anello equatoriale, simile a quello di Saturno.

(*preg.*) La luce crepuscolare e la zodiacale furono naturalmente occasione di paure, specialmente la prima per il colore sanguigno di cui tinge l'atmosfera (2).

1) « E di travi di foco e di comete
E d'altri fregi ardenti il velo intesse ».
TASSO.

2) « Non esce il sol giammai che asperso e cinto
Di sanguigni vapori entro e d' intorno
Non mostri nella fronte assai distinto
Mesto presagio d' infelice giorno,
Non parte mai, che in rosse macchie tinto
Non minacci egual noia al suo ritorno ».
TASSO.

Venti.

Come tutti i fenomeni meccanici delle parti esterne della terra, i venti hanno loro causa nel calore solare. La pressione dell'aria e l'umidità che in essi cooperano, dipendono infatti originariamente dalla irradiazione.

L'influenza combinata delle temperature e delle pressioni sul fenomeno del vento venne dimostrata dallo Sprung con l'apparecchio della fig. 41 consistente in due tubi verticali *A* e *D* che comunicano fra di loro:

1° per un tubo orizzontale dal fondo (*B C*);

2° per un altro tubo munito di chiavetta *R* ad una certa altezza.

Fig. 41. Esperienza di Sprung

Si riempie d'acqua sino all'altezza *G H*, si chiude la chiavetta e si riscalda un tubo, p. e. *C D*, ad elevata temperatura, facendovi circolare attorno del vapore, mentre attorno all'altro si fa passare dell'acqua fredda.

L'acqua del tubo *D* si dilaterà. Se allora si apre la chiavetta il liquido si mette in movimento nel senso *C H G B*.

In questo stato si verifica che variano i livelli nei due tubi e che in *H* è alquanto disceso.

Sul fondo *B C* la pressione è diventata minore verso il lato caldo mentre in *G H* dallo stesso lato è maggiore; vi dovrà quindi essere un piano neutro, in cui la pressione si conserva uguale.

Simili fenomeni avvengono per l'aria.

Il mare influisce sui venti per la sua capacità calorifica.. Esso infatti nelle regioni temperate è più caldo nell'inverno che la terra e più freddo nell'estate; sotto i climi tropicali le terre sono più calde del mare nel giorno e più fredde nella notte.

La forza del vento cresce proporzionalmente al quadrato della sua velocità (1).

La seguente tavola rappresenta i dati più importanti sui venti che si possono riconoscere dai loro effetti nel modo che segue:

0 Il fumo si innalza verticalmente; le fronde non si agitano;
1 Si sente sulla faccia: agita le fogliolin e (2):
2 Agita le foglie ed i rami:
3 Agita i grossi rami;
4 Fa piegare le pianticelle;
5 Scuote gli alberi e può rompere i rami:
6 Rovescia i fumaiuoli (3), ecc.

Segni convenzionali	Numeri convenzionali	Nomi	Velocità — Chilometri per ora	Velocità al minuto secondo	Pressione in chilogr. su 1 m²
	0	calmo	0-1	0-0,27	0-0,1
	1	debole	1-15	0,27-4,17	0,1-4
	2	moderato	15-35	4,17-9,72	4 12
	3	abbast. forte	35-55	9,72-15,27	12-28
	4	forte	55-75	15,27-20,84	28-48
	5	tempesta	75-110	20,84-30,50	48-109
	6	uragano	> 110	sopra 30,50	sopra 109

L'aria riscaldata nelle regioni equatoriali si solleva ed è causa dei venti alisei che seguono la direzione del meridiano

(1) Essendo P la pressione del vento, S la superficie che la riceve e V la celerità, si ha $P = 0,125\, S\, V^2$.

(2) « Un'aura dolce senza mutamento
Avere in sè, mi feria per la fronte. »

DANTE.

(3) « Come vento che prima appena spire,
Poi comincia a crollar frassini e cerri,
Et indi oscura polve in cielo aggiri,
Indi gli arbori svella, e case atterri,
Sommerga in mare, e porti via tempesta
Che il gregge sparso uccida alla foresta ».

ARIOSTO.

con una deviazione che è effetto della rotazione della terra. Presso l'equatore gli alisei si innalzano e dànno i controalisei, che hanno direzione contraria.

Il riscaldamento dei continenti può modificare gli alisei. Così si originano i *mussoni* dell'Oceano indiano.

La configurazione geografica produce speciali venti locali periodici come:

il *Samun*, vento scuro e caldo proveniente dal deserto (1);

il *Chemsin*, vento primaverile dell'Egitto, della Guinea, ecc.:

l'*Harmattan*, della costa occidentale africana;

il *Scirocco*, vento caldo ed umido di *S* o di *S O*;

il *Fohn*, che è la stessa corrente diventata secca, che soffia nella Svizzera facendo rapidamente fondere le nevi;

la *Tramontana* o *Aquilone*, *Mistrale*, (detto *Bora* nell'Illiria e *Gallego* nella Spagna) che è vento di *N-O*.

Nell'Atlantico da 60° a 35° dominano i venti dell'ovest (259 giorni), da 30° a 35° si trova la zona delle calme tropicali.

(*st.*) Il nome inglese di *horse latitude* dato a questa zona proviene dalle lunghe fermate che dovevano farvi le navi a vela della Compagnia delle Indie, cariche di soldati e di cavalli, dalle quali spesso, per la deficienza d'acqua, si dovevano gettare in mare quegli animali (*horses*).

Accostandosi all'equatore si hanno venti alisei di nord-est (*trade winds*).

(*st.*) Questi venti che giovarono a Cristoforo Colombo, furono causa di spavento per i suoi compagni che disperarono nel ritorno.

L'aliseo di nord-est è un vento secco, e le regioni dove domina (golfo de las Damas) sono tranquille, salvo l'azione dei cicloni.

Viene quindi la calma dell'equatore (*doldrum*), l'anello di nubi (*cloud ring*) con pioggie torrenziali.

Il controaliseo a circa 3000 chilometri dall'equatore si abbassa.

1) « Solo vi soffia (e par vampa di face)
Vento che move dall'arene mauro. »

TASSO.

L'esistenza dei contro alisei è dimostrata dalla direzione degli alti cirri verso il polo. La fig. 42 rappresenta gli alisei dei due emisferi nell'Atlantico.

(*st.*) Spetta al luogotenente Maury, direttore dell'osservatorio navale di Washington la gloria degli studi più importanti sui venti. Nella traversata da Nuova York a Rio de Janeiro, mercè

Fig. 42. Alisei dell'Atlantico nei due emisferi.

i venti, da 41 giorni di viaggio si passò a 15. Dagli Stati Uniti alla California pel Capo Horn 180 giorni di viaggio vennero ridotti ad 80. Il viaggio d'Australia necessitava 250 giorni: ora, seguendo il Maury, se ne impiegano 130 (1).

(1) Invece di passare pel Capo Horn si fa un vero viaggio di circumnavigazione passando pel Capo di Buona Speranza e ritornando pel Capo Horn.

Le carte dei venti più in uso nell'arte della navigazione oggi sono quelle del Bault, dedotte dalle ricerche di Maury, ma compilate con un corredo di dati molto più esteso e preciso.

I venti e le temperature. - Noteremo a questo proposito gli studi di von Bezold sul fohn. Il vento incontra una montagna alta 1000 m.?

Sia 21° la temperatura al piano, dalla parte urtata del vento. L'aria potrebbe contenere a questa temperatura 15 gr. di vapore, ma suppongasi che non ne contenga che 12,2.

A misura che s'innalza, seguendo il pendio del monte trova temperatura più bassa: arrivato a 400 m. d'altezza, l'aria è satura e non può quindi contenere più di 12,2 gr. di vapore.

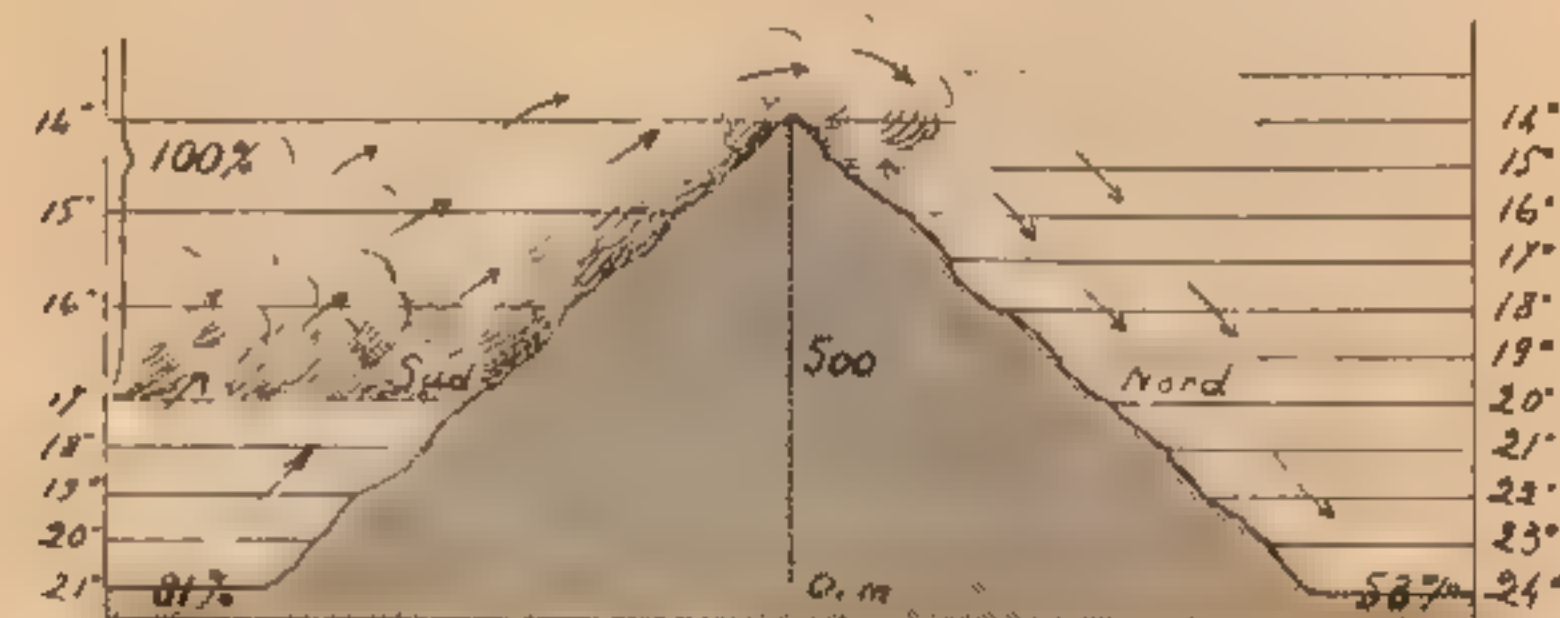



Fig. 43. Schema di Bezold.

Perciò a quell'altezza si formeranno le nuvole e più alto pioverà.

In pari tempo l'aria satura si raffredda meno con le altezze; quindi, mentre con tempo asciutto si avrebbe 14° salendo a 700 metri, in questo caso bisognerebbe salire a 1000° metri per trovare questa temperatura. Discendendo dall'altra parte del monte l'aria si riscalda di circa 1° per 100 m. e quindi alla base del monte si potrà avere 24°.

Vento di terra e vento di mare. — È prodotto dal più rapido riscaldarsi o raffreddarsi delle regioni elevate, per cui vi ha un richiamo dal mare alla terra e viceversa.

Fenomeni speciali. - Notiamo la pioggia di acqua allo stato di soprafusione che si verifica alcune volte. Come si sa l'acqua che si trova in questo stato, cioè sotto 0°, si solidifica istantaneamente per una scossa. Ne avviene che simili pioggie (franc. *Verglas*) producono rapidamente uno strato di ghiaccio sul suolo e sugli alberi (fig. 44) con effetti disastrosi per le foreste e per gli animali selvatici. Tale fenomeno accadde

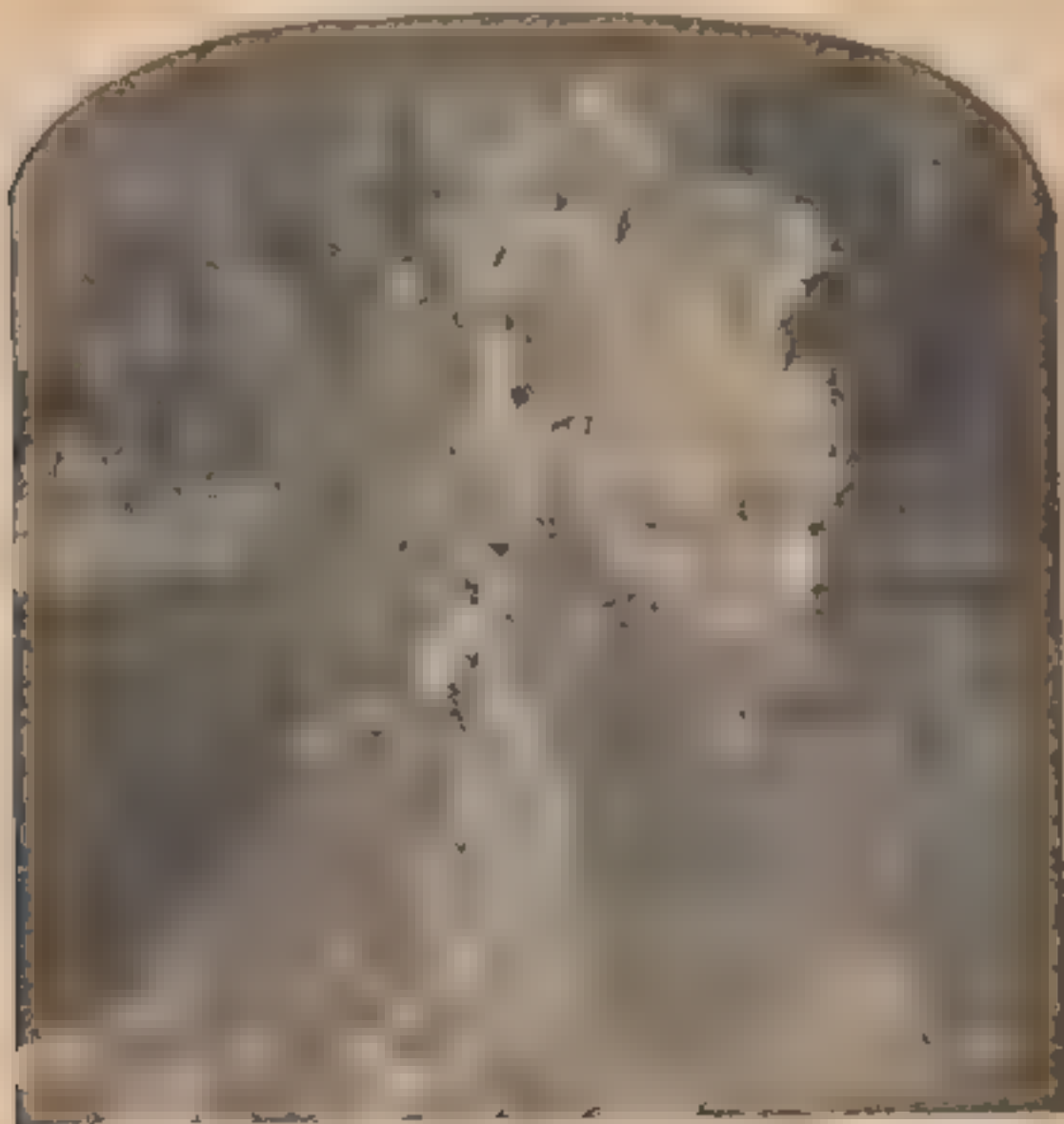



Fig. 44. Effetto del verglas sopra un alberetto — *A.*

nel 1879 nella foresta celebre di Fontainebleau dove certi fili del telegrafo furono avvolti da un cilindro di ghiaccio di 4 centimetri di raggio. Il danno per le piante si verifica specialmente alla fusione dell'involucro (1).

(1) Infatti l'acqua di fusione discende alla loro ascella e fonde in quel punto il manicotto di ghiaccio. Ne avviene che, mancando il rinforzo in corrispondenza del loro punto d'attacco, i rami vengono spezzati dal peso che sostengono.

Ogni stilla di pioggia di *verglas* forma come delle pastiglie di ghiaccio (1).

Nè dobbiamo dimenticare le pioggie colorite dal polviscolo atmosferico, come dal polline delle conifere, dette *pioggie di sangue* (2), e le *pioggie di fango* (3), le *pioggie nere* (4) ecc.

Meteore acustiche. — Accenneremo solamente ai fenomeni acustici dell'atmosfera. Non sono ancora perfettamente conosciute tutte le condizioni per cui i rumori si diffondono a diverse lontananze secondo il tempo, l'ora, ecc.

I fenomeni naturali che producono effetti acustici sono tutti quelli di natura meccanica: le scariche elettriche, il vento, l'onda, le frane di scheggie sulle montagne, ecc. Il mormorio della conchiglia dipende appunto dal volume d'aria compresa nel nicchio, che rinforza alcuni dei suoni che vibrano per l'atmosfera.

Esistono fenomeni acustici più strani come:

il *tamburo del deserto*;

le *sabbie* e le *montagne musicali*;

i *mistpoeffers*, o detonazioni lontane del mare del Nord che non possono essere diffusamente descritti e spiegati per

(1) Non mancarono i sostenitori dell'ipotesi che i proboscidati fossili conservati nel ghiaccio della Siberia fossero stati sorpresi da terribili *verglas*.

(2) Vere stille di sangue si raccolsero a Oppido Mamertino nel 1890. Naturalmente non fu una *pioggia* e si dubita quale potesse esserne la causa.

In ogni tempo il popolo trasse cattivi auguri delle pioggie rosse.

« E sangue piovve per onor del caro
Figlio, cui lungi dalle patrie arene
Ne' frigi campi avria Patroclo ucciso. »

Iliade.

« Era apparito in que' dì gran prodigi,
Portenti, auguri, e segni e casi strani,
Piovuto sangue per tutto Parigi,
Urlavan giorno e notte tutti i cani. ».

PULCI.

(3) A Onaga, stazione dell'*Union Pacific*, nel 1892. Una grande pioggia di fango avvenne anche dopo l'eruzione del Krakatoa

(4) Nel 1887 a Castlecorner. Il Malinouski verificò che conteneva polvere ferruginosa meteorica.

i limiti imposti alla nostra scienza dal quadro didattico dell'insegnamento.

Meteore elettriche — *Aurore boreali.* — Deslandres ed Arrenius emisero l'ipotesi che questo fenomeno fosse direttamente o indirettamente collegato coll'emissione di raggi catodici del sole; il Nordmann invece lo attribuisce alle onde hertziane.

Sono luminosità bianchiccie con un po' di giallognolo: talvolta vi si aggiungono i raggi verdi e rossi.

La forma può essere di *arco,* di *nube,* di *corona* (fig. 45) e di *cortina:* più frequente è quella di nube. Presentano sempre un tremolio luminoso, simile a quello delle illuminazioni a fiammelle di gas. Il verde apparisce nella regione superiore dell'aurora: il rosso in basso.

Benchè appariscano all'occhio animate da grande velocità, sono altissime. Coi metodi trigonometrici il Nordenskjöld trovò l'altezza di 200; altri 700 ed 800 chilometri.

La luce che emettono non essendo polarizzata neppure parzialmente, si conclude che non venne riflessa o rifratta, ma proviene direttamente da una sostanza luminosa.

Il loro *spettro* ottico presenta righe luminose frammezzate da tratti oscuri e dimostra quindi che sono prodotte da sostanze gassose. Vi si riconosce la riga verdognola dell'*elio,* quella del *neon* e di tutti i gas più volatili che nelle esperienze continuano ad esistere anche alla temperatura di liquefazione dell'idrogeno.

Alle altezze in cui si verificano le aurore boreali l'atmosfera deve essere infatti ben differente da quella degli strati inferiori, specialmente per effetto del freddo che a 75 chilometri è già (Dewar) di — 132°. All'altezza di 60 chilometri, per esempio, manca CO_2.

Le scariche elettriche devono quindi produrre in questi gas effetti luminosi differenti da quelli che si ottengono nei laboratori con l'aria delle basse regioni, anche ridotta allo stato di massima rarefazione.

Il fenomeno di cui ci occupiamo si verifica generalmente di notte.

L'aggettivo *polare* è pregiudicato, poichè non si osserva mai al polo e così quello *boreale,* perchè non è esclusiva del-

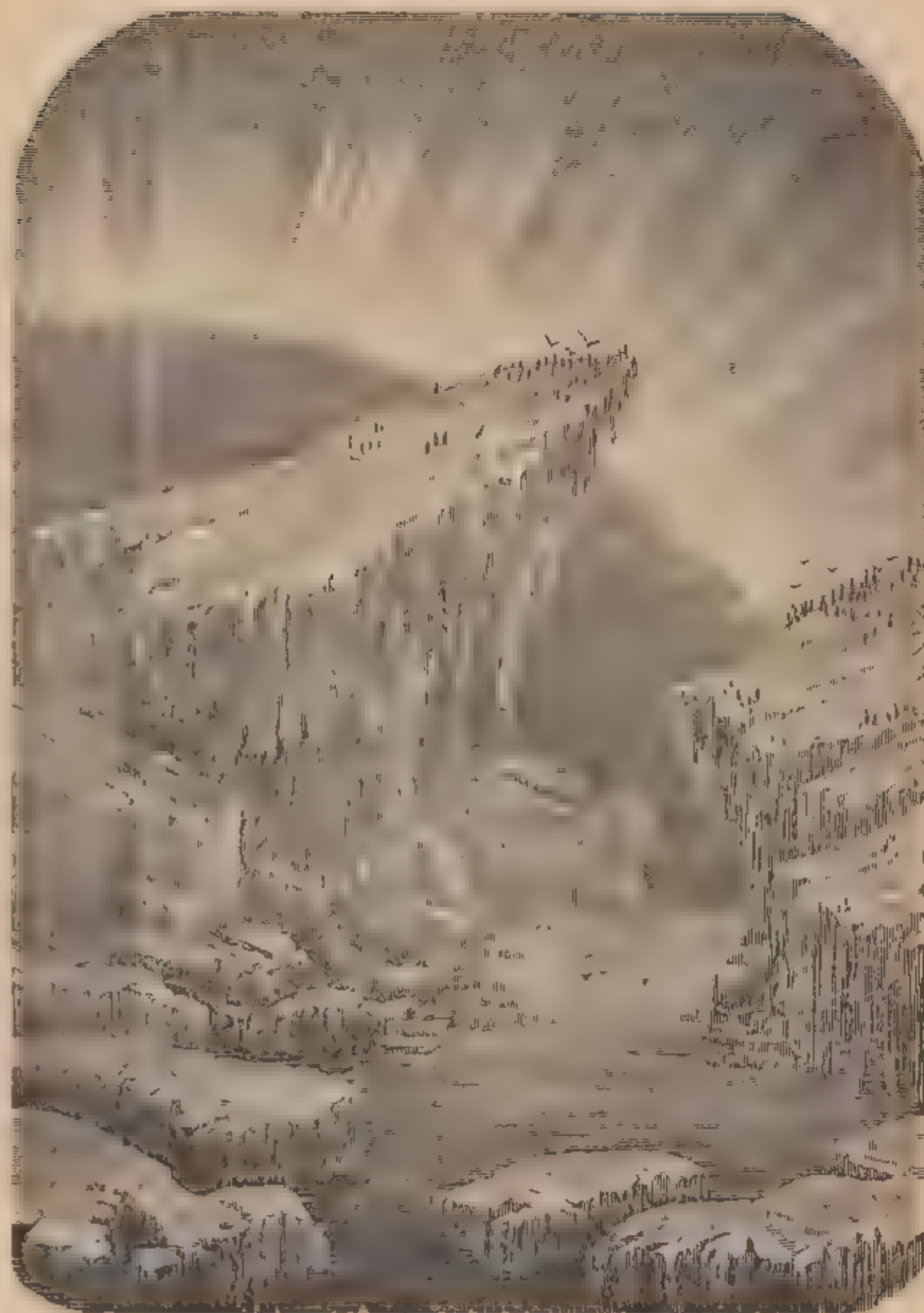



Fig. 45. Aurora polare a corona.

l'emisfero boreale. Sono invece le aurore boreali limitate alle zone temperate, aumentando di intensità alle latitudini più alte.

Si devono dividere le aurore polari in *estese* ed in *locali*.

Le prime avvengono alle grandi altezze già notate: le altre più in basso. Esse si svolgono secondo una legge di periodicità annua e secolare, in correlazione con il numero delle macchie solari (1) e si accompagnano a fenomeni di magnetismo terrestre.

Indubbiamente il fenomeno dell'aurora boreale è in relazione con l'elettricità. Oggi si propende per l'opinione che questa non sia di origine terrestre, ma dipenda dal sole.

Lo spazio cosmico sarebbe occupato dagli *ioni* emessi dal sole, particelle tenuissime di materia corrispondente ad $\frac{1}{1000}$ dell'atomo dell'idrogeno (2).

Fra le meteore elettriche si ricordano inoltre:

il *fulmine;*

il *fulmine globulare* (Planté).

Ad ogni scarica elettrica si sprigionano delle *onde Hertziane* che irradiano nello spazio (telegrafo senza fili) e possono esercitare influenze speciali anche sui viventi.

Così alcuni già attribuiscono la cosidetta *sensibilità meteorologica* degli animali e dell'uomo a queste onde.

(1) Il Lokyer ammette invece che siano in relazione con le protuberanze solari.

(2) Vedansi i moderni corsi di fisica.

REPERTORIO DI DATI SUL MARE

Superficie totale 374,057,912 chilometri quadrati (*Behm* e *Wagner*).

Rapporto con la superficie dei continenti $\frac{8}{3}$

Profondità del zoccolo continentale 200 metri.

Profondità massima: Atlantico 7,086 metri.
» » Pacifico 8,513 »
» media: (Krümmel) 3,330 3,800 metri.

Temperatura:
per profondità comprese fra 730 e 1100 metri + 4°
a profondità maggiori + 2° nei mari tropicali
» » — 3° » » polari.

Densità 1,026.

Densità del ghiaccio 0.905 — 0.950 (da $\frac{1}{9}$ a $\frac{1}{10}$).

Onde: altezza massima 10 — 17 metri.
» » media 1,20 — 5,30 metri.

Forza delle onde da 14 a 29 tonnellate per metro quadrato. (*Stevenson*).

Penetrazione delle radiazioni luminose: 400 metri.
» » termiche: 900 »

Visibilità del fondo: 45 metri.

Punto di congelamento: — 0,2° a — 2°.
» » (medio) - 1°,88.

Composizione (Mediterraneo):

Acqua	96.334
Cloruro di sodio	2.942
Bromuro di sodio	55
Cloruro di potassio	50
» di magnesio	322
Solfato di magnesio	248
» di calcio	36
Carbonato di calcio	12
Ossidi e sali di *Fe* e *Ag*	1
	100,000

Salinità e densità:

	Salinità	Densità
Mar morto	270	1,099
» rosso	43	1,039
Mediterraneo	37	1,029
Atlantico	35	1,027
Pacifico	32	1,026
Baltico	17.7	
Mar nero	17,6	10,13
Mar Caspio	6,3	10,5

Massimo di densità: a — 3°,67.

Temperature superficiali:

massima 32°,8 (Mar Rosso)
minima — 1°,2 (Oceano Antartico).

Estensione delle spiaggie per continente:

Continenti	Perimetro di litorale	Rapporto del litorale al continente
Europa	km. 43,000	1 km. ogni 229 km²
Asia	57,000	1 » 763
Africa	20,000	1 » 1420
America Settentrionale	48,230	1 » 407
America Meridionale	25,770	1 » 689
Australia	14,400	1 » 584

Estensione delle spiaggie delle differenti regioni:

Italia continentale	4,800	chilometri
Francia	2,910	»
Danimarca	650	»
Svezia e Norvegia	7,600	»
Russia europea	7,475	»
Germania	600	»
Austria	1,964	»
Belgio	180	»
Paesi Bassi	425	»
Turchia europea	2,200	»
Grecia (senza le isole)	1,480	»
Spagna	2,600	»
Portogallo	875	»
Egitto	2,800	»
Stati Uniti	4,000	»
Brasile	7,920	»
Cina	3,200	»

Acqua marina artificiale per acquari (*Perrier*).

H^2O 100 litri

$NaCl$	kg. 26,000
$MgCl^2$	» 5,623
KCl	» 0,833
$MgSO^4$	» 1,666
$CaSO^4$	» 1,200
	35,322

IL MARE

Il mare attualmente occupa più dei tre quarti della superficie del globo.

(st.) Anticamente si dubitò da parecchi filosofi della sua eguaglianza di livello e nelle *Nubi* di Aristofane si accenna a quest'opinione. La stessa questione sorse al tempo del progetto per il taglio dell'istmo di Suez, ma ad opera compita si verificò che non esisteva il più piccolo dislivello fra il Mediterraneo e il Mar Rosso.

L'uomo modificò poco l'estensione dei mari. Accenneremo appena ai lavori di arginatura dei Paesi Bassi ed al prosciugamento dello Zuidersee. L'abbassamento progressivo dei terreni di alluvione nei Paesi Bassi necessitò infatti la costruzione di dighe e di bacini per raccogliere l'acqua dei fiumi durante l'alta marea, nonchè l'incanalamento degli stessi mediante murazzi che ne tengono il corso più alto delle terre. Il prosciugamento dello Zuidersee è opera attuale, effettuata mediante potentissime macchine idrovore, ed avrà per fine di dare all'agricoltura una notevole estensione di terreno.

Nè devesi dimenticare il vecchio progetto del Roudaire di riempire mediante un canale comunicante col Mediterraneo le basse regioni dei *chotts* che si trovano ai margini del Sahara.

Dicesi oceanografia lo studio del mare.

Vi si includono quindi tanto i suoi fatti fisici, come correnti, temperatura, natura e configurazione dei fondi, che la vita degli esseri, animali e piante, che contiene.

L'oceanografia è una di quelle scienze secondarie che si vengono oggidì creando, ma che non sono meno utili delle scienze maggiori.

Può essere fatta in tre modi: in laboratori di spiaggia, in laboratori galleggianti in cui si studiano le condizioni del

mare poco lungi dalla terra, e finalmente in alto mare, sopra delle navi appositamente modificate per queste ricerche.

L'Italia ha il laboratorio di Napoli, fondato con esempio di filantropia scientifica dal Dohrn; come spedizione oceanografica si ricorda il viaggio della *Magenta*, in cui trovò la morte il naturalista De Filippi.

La Francia ha parecchi laboratori marittimi. Inoltre organizzò in questi ultimi anni delle accurate esplorazioni nello Atlantico, che ci hanno rivelato l'esistenza di animali dell'abisso.

Nella Norvegia questi studi sono specialmente fatti con indirizzo meteorologico dal Mohn di Cristiania, ed il bacino marittimo studiato (Oceano del Nord) ha un interesse speciale perchè comprende la fine della corrente del Gulf-Stream ed il principio di quella della Groenlandia. Mirabile è la carta del fondo marino fatta sotto la direzione del Mohn con misure prese ogni 100 braccia.

L'oceanografia viene in aiuto alla navigazione col fissare la posizione della nave in caso di nebbione fittissimo, per mezzo della determinazione della topografia e della geologia del fondo (metodo Trudelle).

In Inghilterra il governo ha una vera flotta scientifica che comprende parecchie navi: *Porcupine, Challenger, Alext,* ecc.

Così il Nordenskjold nel suo viaggio riuscì allo stretto di Behring perchè, fondandosi sugli studi oceanografici, pensò che le acque tiepide dei fiumi della Siberia dovevano mantenere libero un passaggio alla « Vega ».

La pesca impara da questa scienza le condizioni meglio opportune allo sviluppo di certi pesci, il modo di rispettarne la moltiplicazione, le cagioni per cui talora il pesce viene a mancare.

Lo studio delle correnti è poi in sommo grado utile alla navigazione, e le ricerche sui ghiacci marini costituiscono una delle parti non meno importanti della fisica terrestre.

Laboratori marittimi. — Abbisognano di speciali installazioni per tenere gli animali in un'acqua normale. Il Lacaze-Duthiers fondò in Francia i due laboratori di Arcachon e di Banyuls-sur-mer. L'acqua del mare, raramente rinnovata, cir-

cola continuamente per mezzo di una tromba. La sua aerazione è ottenuta con uno zampillo. Occorrono serbatoi sotterranei ed elevati, barche da pesca, un apparecchio da palombaro, un grande acquario per la conservazione degli animali e piccole vasche per studio con circolazione d'acqua, e tutto il materiale scientifico di un laboratorio.

Navi speciali per le campagne oceanografiche. — In Francia si adattarono a queste pesche il *Talisman* ed il *Travailleur*, su cui si fecero le prime campagne oceanografiche sotto la direzione di Milne Edwards, di Perrier, ecc. Attualmente il principe Alberto di Monaco fece costruire una nave speciale per l'oceanografia, sulla quale si trova quasi sempre in crociera scientifica nel Mediterraneo e nel Pacifico.

Mezzi d'indagine. — *(st.)*. Per misurare le profondità del mare si usò dapprima l'esploratore di Hooke, fatto di una palla da cannone a cui era unita una sfera di sughero. Si gettavano in mare le due masse unite, ed un congegno speciale liberava la sfera di sughero che ritornava a galla. Dall'intervallo di tempo fra il getto ed il ritorno si calcolava la profondità. È superfluo indicare le cause d'errore che vi si trovavano e la difficoltà di vedere il galleggiante nell'istante in cui arrivava a galla.

Più tardi si ebbe ricorso alle misure ottenute da un peso unito ad una corda. È necessario che il peso sia grande per vincere la resistenza dell'acqua sulla corda. Infatti ad una certa profondità, aumentando sempre la superficie di questa in contatto dell'acqua, la resistenza sarebbe uguale al peso ed in questo caso non vi sarebbe più discesa, e non si toccherebbe il fondo. Si comprende poi che più la corda è grossa maggiore sarà la resistenza.

Siccome raggiunto il fondo, la corda si strapperebbe facilmente quando si volesse ritirare il peso, dapprima si usò di tagliarla, misurando la profondità dalla differenza del tratto che rimaneva sul cilindro; poscia il Brooke inventò il suo scandaglio fatto di una grossa sfera di ghisa che automaticamente si stacca quando tocca il fondo. Così la corda alleggerita può essere risollevata.

La puleggia su cui scorre la corda dello scandaglio è unita ad un *accumulatore*, apparecchio elastico fatto di rotelle di caucciù compresse dal peso dello scandaglio, che si distendono quando questo tocca il fondo.

Il Thomson si servì di un filo di acciaio. Inoltre egli attaccò alla corda sopra lo scandaglio, un ingegnoso apparecchio consistente in un tubo di vetro di 75 centimetri di lunghezza e di 2 o 3 millimetri di diametro, incrostato internamente di cromato d'argento e chiuso in alto. L'aria contenuta nel tubo viene compressa dalla spinta dell'acqua secondo la legge di Mariotte, e quindi l'acqua di mare s'innalza nell'interno cambiando il colore del cromato che diventa giallo al suo contatto.

Si potrà quindi dall'altezza dell'ingiallimento determinare il numero di atmosfere che ha subito l'aria interna e quindi la profondità.

Speciali apparecchi si usano per raccogliere saggi di acqua marina ad una data profondità, saggi di fondo ecc. (1).

Per le temperature usasi il termometro a rovesciamento di Negretti e Zambra.

Gli apparecchi di pesca sono reti speciali unite ad un'armatura che si strascinano sul fondo. Alle reti è unito un lungo tratto di corda con pesi qua e là, per cui l'apparecchio scorre sul fondo marino.

Il tutto è attaccato ad un filo d'acciaio della migliore qualità, del tipo delle corde da pianoforte, che si svolge e si avvolge rapidamente mercè una macchina a vapore a grande velocità di rotazione.

A questo apparecchio è unito un dinamometro per verificare quando la rete abbia incontrato resistenza capace di spezzare il filo.

---

(1) Anticamente si abbassava un corpo pesante con uno strato di sevo inferiore a cui rimanevano attaccate particelle di fondo.

Ricordiamo pure il curioso metodo della bottiglia vuota, chiusa con un tappo, che si riempe ad una data profondità per la pressione del liquido sovrastante al tappo.

Acqua di mare.

È un'acqua minerale in cui abbondano i cloruri ed i solfati.

(st.). Si credeva che contenesse sostanze catramose, ed il conte Marsigli (1), quando volle fare dell'acqua marina artificiale, vi aggiunse appunto un po' di catrame. La medicina antica prescrisse anche l'acqua marina, talora commista a miele, ed a simili cure ritornarono per qualche tempo i medici quando si istituirono i bagni marini contro la scrofola.

Anticamente si fecero inutili tentativi per rendere potabile l'acqua di mare sia con lunghissimi filtri (Nollet) sia con la distillazione (2), che oggi riesce perfetta.

Il Voelker aveva già verificato nel mare l'esistenza della silice, dei fosfati, dei carbonati; Malaguti vi scoperse il ferro, l'argento (3), il rame, l'arsenico; Wilson il fluoro; Forchhammer il cesio, il rubidio, il litio ed il cobalto.

Tutte le sostanze solubili che sono sulla terra vengono trascinate al mare; si comprende quindi come vi si trovi un grandissimo numero di sostanze.

Il Certez trovò dei germi di microbi anche nell'acqua marina raccolta a profondità corrispondenti a 500 atmosfere di pressione.

(1) L'italiano Marsigli è una figura troppo dimenticata dalla storia delle scienze. Nacque nel 1658 e fu ingegnere di Leopoldo I: ebbe una vita avventurosa, non esclusa la schiavitù in Turchia. Egli fece le prime ricerche scientifiche sul mare e deve considerarsi come fondatore dell'oceanografia.

(2) Nella distillazione non si badava all'innalzamento del punto di ebullizione prodotto dalla crescente densità dell'acqua. Ad un certo punto il cloruro di magnesio si decomponeva formando acido cloridrico. ($Mg\,Cl^2 + H^2O = Mg\,O + 2\,H\,Cl$).

(3) Numerose prove vennero fatte per estrarre l'argento dal mare ma di nessuna importanza pratica per l'attuale suo piccolo valore. L'oro trovasi in quest'acqua, in quantità ultraminime.

Gli animali si adattano abbastanza nell'acqua di mare artificiale, siccome si verificò negli acquari dell'Esposizione di Parigi (1889).

L'O sciolto nell'acqua del mare si trova in maggiore quantità (Lewy) la sera che non la notte. Da 207 volumi di gas estratti dall'acqua marina si ottenne:

CO^2	31,5
O	58,5
Az	117,0

Ecco il raffronto dei gas sciolti nelle acque dolci e nelle salate:

Natura dell'acqua	CO^2 litri	O litri	Az litri	Totale litri
H^2O di mare . . .	0,00815	0,00585	0,0117	0,0207
» » fiume. . .	0,01740	0,00780	0,0162	0,0414

Bagni di mare. — L'azione benefica dei bagni di mare non si può attribuire a sostanze medicamentose che siano assorbite per la pelle. Il benefizio sta nella maggior freddezza e quindi nella maggior tonicità di questo bagno, nelle condizioni igieniche migliori, nel riposo mentale, nell'aria più pura, nell'azione della luce e nell'influenza benefica dei piccoli cambiamenti di ambiente.

Non puossi scientificamente attribuire influenza alle minime quantità di iodio che si trovano nell'aria marina.

Proprietà ottiche e termiche dell'acqua di mare. — Il Secchi nel 1882 fece esperienze a bordo della nave *Immacolata Concezione* nel golfo di Civitavecchia, abbassando dischi bianchi e variamente coloriti e lastre di dagherrotipo che venivano esposte a diverse profondità. La penetrazione della luce si limita tra 400 e 500 metri: la visibilità del fondo medio è di 45 metri (1).

(1) Occorre per queste esperienze un tempo tranquillissimo.

Il calore solare agisce nell'acqua marina sino a circa 900 metri. L'acqua del mare è adunque più diatermica che trasparente.

La colorazione del mare dipende naturalmente dalle particelle solide che contiene e dagli effetti di riflessione. Quindi il mar verde, il mar vermiglio, il mar giallo.

Quanto alla denominazione del Mar Rosso le opinioni sono divise (1).

Fosforescenza. — Moltissimi animali marini pelagici sono fosforescenti: ma il fenomeno spesso descritto letterariamente è prodotto specialmente dal grande numero di nottiluche.

Una leggera fosforescenza può anche prodursi per l'azione dell'ozono, che si trova più abbondante nell'atmosfera dopo i temporali, sulla materia organica contenuta nell'acqua.

Carburi d'idrogeno galleggianti sopra l'acqua del mare. — Presso la punta della penisola di Asferon nel mar Caspio, lasciando cadere di notte nel mare tranquillo un batuffolo di stoppa accesa, vedesi una fiamma che si diffonde intorno, prodotta dai carburi d'idrogeno liquidi che trapelano dal terreno.

Corpi galleggianti sul mare. — Fra le sostanze che si possono qua e là raccogliere e di cui alcune vengono respinte alla riva, ricordiamo:

1° le *pomici* prodotte da eruzioni vulcaniche, che possono galleggiare a lungo;

2° l'*ambra* (Baltico) (V. *Mineralogia*);

3° il *bitume di Giudea* (Mar Morto);

4° la *schiuma di mare* (silicato di magnesio);

5° l'*ambra grigia*, sostanza che per effetto di speciali microrganismi esala un profumo speciale ed è di origine animale (V. *Capodoglio: Zoologia*);

6° i massi di ghiaccio, *icebergs*, staccatisi dai ghiacci polari. La parte emergente dal mare corrisponde ai $^{1}/_{10}$ della

1) Secondo alcuni un'alga rossa sarebbe stata causa di questo nome, secondo altri avrebbe origine linguistica, il *rosso* nell'antica lingua araba corrispondendo all'*occidente*.

loro altezza. Essi vengono trascinati dalle correnti finchè siano fusi da altre correnti calde o dal calore di latitudini più basse.

7° la *neve*. Già abbiamo accennato (pag. 76) al fenomeno detto *stadge;*

8° le *sabbie galleggianti*.

(*esp.*). Allo stesso modo che si ottiene facilmente di far galleggiare una sottile spilla sull'acqua, posta su di un foglietto di carta da sigarette che affonda, si può far galleggiare della sabbia di granito o d'altra roccia. Ciò si verifica mercè lo strato d'aria che avvolge ogni grano di sabbia come piccola atmosfera e costituisce quindi un vero apparecchio idrostatico.

Le sabbie rimangono similmente a galleggiare per un certo tempo sulle acque degli estuari, formando delle macchie iridescenti. Sono le particelle di sabbia secca che l'onda raccoglie sulle spiaggie e che tendono a profondare in tempo vario secondo la loro natura. Così le sabbie conchiglifere e quelle contenenti avanzi di briozoi e di coralli rimangono più a lungo.

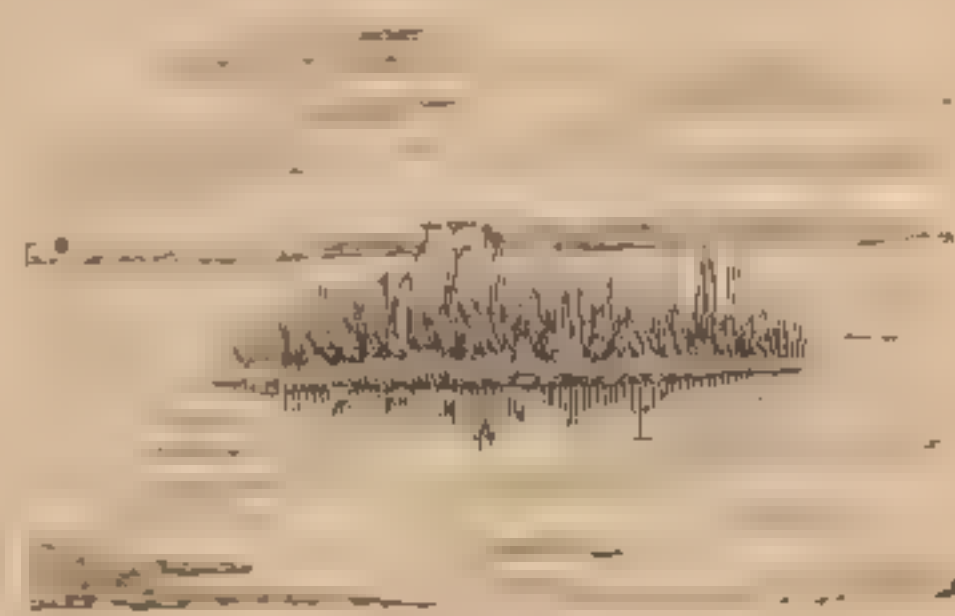



Fig. 46. Torbe galleggianti — A.

Erland Nordenskjöld, esploratore della Patagonia, osservò nel 1900 presso Puerto Consuelo un planeton marino in cui predominavano le sabbie di schisto ardesifero. Ogni pezzetto era circondato da uno strato di alghe.

Ma le sabbie galleggianti non sono tutte derivanti dalle spiaggie; anche i fiumi ne portano al mare. Il Graham notò la produzione di sabbie galleggianti sul Connecticut (1) ed il Simonds fece simile osservazione pel fiume Llano nel Texas (2) che al tempo della sua piena presenta delle macchie galleggianti di granellini di sabbia, del peso talora di tre centigrammi.

9° gli ammassi di varie dimensioni di torba staccati dalle rive specialmente dei laghi e trasportati al mare. La fig. 46

(1) *American journal of Sciences*, dic. 1890.

(2) *The american geologist*, 1890.

rappresenta appunto il fenomeno curioso di una isoletta galgiante di materia torbosa avvenuta nel 1903 sul Neahtawanta.

10° Nelle lagune la vegetazione galleggiante può col tempo raccogliere la polvere dell'aria in quantità tale da formare delle masse più dense dell'acqua, che son trascinate sul fondo e che coperte da altri strati daranno origine ai cosidetti *wasserkissen* o terreni cedevoli.

Ghiacci dei mari polari. — *(fis.)*. Le soluzioni saline hanno il loro punto di congelamento inferiore a 0°, temperatura a cui si solidifica l'acqua distillata. Il ritardo è esattamente proporzionale alla densità molecolare della soluzione, cioè al peso della materia sciolta. Lo studio di questo fenomeno di abbassamento del punto di congelamento dicesi *crioscopia* e serve oggi nella chimica per la determinazione del peso molecolare delle sostanze solubili.

In realtà le sostanze saline non partecipano alla formazione del ghiaccio, rimanendo solamente trattenute fra i cristalli d'acqua che si formano. Simili fatti naturalmente si verificano nel congelamento dell'acqua del mare.

Noteremo di passata come, oltre alla forma del sistema esagonale, il Nordenskjöld abbia osservato dei cristalli di ghiaccio di sistema romboidale, per cui l'acqua sarebbe *dimorfa*.

Nel congelarsi i cloruri rimangono sciolti nell'acqua ed i solfati sono trattenuti fra i cristalli e quindi a poco a poco emigrano all'esterno della massa solida.

Il punto di congelamento varia secondo il grado di salsedine: nel Baltico si trova a — 0°,2 — 0°,3 mentre l'acqua dell'Atlantico non gela che a — 2°.

Varia pure il calore di fusione: mentre un chilo di acqua distillata nel congelarsi mette in libertà 80 calorie, l'acqua di mare ne abbandona solamente 60. Le altre calorie lavorano all'eliminazione dei sali.

Essendo poi il ghiaccio di mare fatto, come si disse, di pura H^2O allorchè si fonde abbisogna di 80 calorie. Vi è quindi la differenza di 20 calorie che funzionano a modificare il clima del Nord dell'Europa e della Siberia e che giovano a mantenere un canale libero al Nord almeno durante gran

parte dell'anno, siccome dimostrava il Nordenskjöld nel viaggio della *Vega*.

Nei mari polari si verifica talora il fenomeno dei *ghiacci di fondo*, per cui essendo la temperatura superiore a 0° vedonsi sollevarsi dal basso dei lastroni di ghiaccio che poi si riuniscono per il fenomeno fisico del ricongelamento. Ciò si verifica alla foce dei fiumi e si spiega nel modo seguente:

L'acqua dolce e calda dei fiumi galleggia sopra quella profonda marina che si trova sotto a 0°; avviene quindi la solidificazione nello strato di separazione delle due qualità di acqua ed il ghiaccio più leggiero $\left(\frac{9}{10}\right)$ viene a galla. Queste circostanze vennero determinate durante il viaggio della *Vega*.

Sui ghiacci polari, tanto su quelli che coprono le terre come negli *icebergs*, si trovò uno strato di vario spessore di sostanza polverosa che il Nordenskjöld disse *Crioconite*. In certi luoghi la crioconite tocca lo spessore di 10 centimetri. È polvere in parte di origine cosmica, in parte eolica, ma in gran parte di origine locale, cioè secondo le osservazioni di Nansen prodotta dall'erosione dei massi pietrosi emergenti dal ghiaccio che copre le terre circumpolari.

I ghiacci polari galleggianti e non collegati alla terra, sono animati da movimenti che partono dai *poli di freddo*, cioè dai punti più freddi di cui uno esiste in corrispondenza delle isole della Nuova Siberia.

Per effetto delle correnti si fanno delle spaccature sulle quali si forma uno strato sottile e trasparente di nuovo ghiaccio e sotto al quale esiste un *plancton*, cioè una vegetazione di alghe, visibile per trasparenza, che modifica il colore del paesaggio polare.

La fauna sottoglaciale, trovandosi in identiche condizioni di temperatura, è uguale a quella profonda degli oceani. Il viaggio celebre di Nansen confermò i fatti ora esposti (1).

(1) Il polo di freddo troverebbesi a
145° di longitudine orientale;
75° di latitudine.
Probabilmente ne esiste un altro all'ovest, verso le spiaggie americane.

Le recenti spedizioni al polo sud confermano l'esistenza di terre polari (Terra Adelia, Terra Sabrina, Terra d'Enderby, Terra Vittoria, Terra di Graham), in dipendenza della teoria geogenica già spiegata e della legge di opposizione diametrale reciproca di sporgenze e di depressioni, illustrata dal De Lapparent.

Nella spedizione della *Belgica* diretta dal Gerlache (1897) si verificò che il ghiaccio dal quale era stata presa la nave non era immobile: esso era diretto dapprima verso il sud; poscia cambiò direzione e volse all'occidente. Si trovò un cordone litorale di sabbia e di ciottoli rotondi. La temperatura discese a — 35° e talora a — 43°.

Il ghiaccio non unito alla terra *(banquise)* è fatto di ghiaccio marino, neve compressa, ghiaccio di ghiacciai e d'*icebergs*. L'acqua inferiormente essendo a + 1° questo ghiaccio si fonde continuamente dal basso e lo spessore ne è quindi minore di quanto si credeva nel tempo passato: ma si mantiene di spessore costante per le nevi che si accumulano sopra di esso. Inoltre per effetto del movimento che lo anima, il ghiaccio si spacca qua e là, si corruga, forma delle masse che si ricongelano con la formazione di pieghe, quindi la sua superficie è tutta scabra, o, come si dice, accidentata.

Si trovano degli *icebergs* di tutte le forme, dell'altezza talora di 40 metri, che sono probabilmente frammenti di ghiacciai terrestri che discesero al mare.

Vi è infatti la calotta di ghiaccio che copre il continente *(inlandsis)* spettante allo studio dei ghiacciai terrestri. Le nevi ri-

Gli avanzi della *Jeannette*, distrutta dai ghiacci nel 1881 presso le isole della Nuova Siberia, vennero trovati tre anni dopo alla punta sud-est della Groenlandia

Le *correnti di ghiaccio* uscirebbero dai mari polari fra la Groenlandia e la Nuova Zembla, per lo stretto di Behring che mette al Pacifico e per quello di Smith conducente alla baia di Baffin.

La corrente spiega la formazione di collinette *(hummocks)*.

Lo spessore del ghiaccio polare ad una certa distanza dal polo di freddo è relativamente sottile; sotto si trova uno strato di 200 metri a $-\frac{1^\circ}{2}$: più basso l'acqua è *calda* a + 1°.

colmarono le cavità del continente australe ed il ghiaccio scola su di esso discendendo al mare. Il capitano Cook (1770) ed il *Ross* narrano, per es., di aver incontrato un altissimo muro di ghiaccio; questo probabilmente era la fronte di un ghiacciaio.

Quanto ad attraversare la banchina per vedere se esisteva al di là un mare libero che circondasse il continente australe, la spedizione di Gerlache lo tentò ma non potè riuscirvi.

Fondi marini.

I saggi di fondo raccolti corrispondono alle seguenti varietà:

A) Argille degli abissi, che si trovano a 4,400 m. nell'Atlantico, a 5,600 nel Pacifico. Questo sedimento si presenta con un colore speciale rosso cupo o color di cioccolato. È fatto dai prodotti di decomposizione degli scheletri di microrganismi, riconoscibili al microscopio. Inoltre vi si trovano frammenti microscopici di roccie d'origine vulcanica, provenienti o da pomici disfatte o da ceneri vulcaniche cadute nel mare. La loro origine dipende dai vulcani della terra ed anche da eruzioni sottomarine;

B) Diatomee dell'Oceano Indiano da 2,300 e 3,600 m. Si ricordano le nozioni date in questo corso sulle diatomee, tanto nel corso ginnasiale che in quello liceale di botanica;

C) Radiolari dell'Atlantico e del Pacifico, da 4,400 a 8,000 m.;

D) Fanghiglia a globigerine, da 5,300 a 450 m. nei fondi dell'Atlantico, dell'Oceano Indiano e del Pacifico;

E) Fango, sabbia, ciottoli trascinati dai fiumi. Il fango venne trovato a profondità di 1800 m., ma si ferma a distanza di 200 chilometri dalla terra.

Riassumendo, i prodotti di levigazione dei continenti cessano a breve distanza dalle spiaggie ed in fondo agli oceani si depone una roccia di origine organica, formata da avanzi di esseri microscopici viventi negli strati superiori.

Configurazione dei fondi. — I grandi mari presentano una curva generale di fondo convessa.

In generale i mari del settentrione sono poco profondi.

Vicino ai continenti la profondità del mare è in relazione con l'altezza delle costiere.

Attorno ai continenti si trova, generalmente alla profondità di 200 m., un tratto poco inclinato detto *zoccolo continentale*.

Nel fondo del mare si presentano accidentalità di superficie consimili ai dislivelli dei continenti; ma, per la mancanza di ogni lavoro di erosione meccanica, essendovi temperatura costante e quiete dell'acqua, il *paesaggio sottomarino* è differente da quello terrestre, e si conservano intatti gli spigoli delle roccie, le cime e tutte le scabrosità.

In alcuni luoghi il mare è profondo fino a 10 chilometri e 600 metri.

Si trovano nel fondo catene di montagne, colli, pianure. Vi esistono anche dei circhi, ossia delle valli circolari di origine vulcanica, come verificò Leopoldo De Buch presso le Canarie. In certi punti sono valli amplissime come quelle delle Amazzoni; altrove fessure strette e profondissime *(rechs)* paragonabili ai *cañones* dell'America Settentrionale.

Le *carte sottomarine* vengono fatte collegando i punti che si trovano alle stesse profondità e le aree *isobatiche*, fra queste linee comprese, son colorite da diversi toni di turchino, tanto più densi quanto il mare è più alto.

Mancando per eseguirle la visione diretta dell'occhio del topografo, queste carte hanno valore assoluto solamente pei punti dove venne eseguita la misura.

Lo studio delle profondità è utile alla navigazione, quando non si può ricorrere alle coordinate astronomiche e geografiche, e può giovare nel calcolo delle linee telegrafiche sottomarine il cui cavo deve posarsi sul fondo.

Maree. — Sulle coste dell'oceano l'intervallo delle maree è di 12 ore e 25 minuti. Per circa 6^h, 5–6^h, 20 l'acqua si abbassa, quindi si innalza.

Ist.. Si narra lo spavento della flotta di Alessandro al vedere le navi messe in secco: Plinio dà già la giusta spiegazione del fenomeno.

Recentemente si cercò di trarre profitto dalla forza della marea per accumulare dell'energia meccanica.

La marea è prodotta dall'azione attrattiva della luce del sole per cui l'oceano tende ad assumere una forma elissoide.

L'altezza della marea nell'Oceano è appena di un metro: ma viene modificata da varie componenti. Così è minima nel Mediterraneo e considerevole nella Manica e varia anche col vento e con la pressione barometrica.

Per effetto della marea l'acqua salata può risalire i fiumi a 8 o 10 chilometri dalla foce.

Dislivelli del mare. — L'altezza del livello del mare può essere modificata da parecchie circostanze oltre la *reazione centrifuga*, l'*attrazione dei continenti* e le *maree*.

Notiamo:

1° La diversa densità di mari comunicanti per cui l'altezza è inversamente proporzionale alla concentrazione molecolare della soluzione salina;

2° Le depressioni barometriche, a cui deve necessariamente corrispondere un sollevamento del mare;

3° Le correnti, i venti, ecc.

Correnti marine.

Oggi vi è una tendenza a riconoscerne la causa principale nei venti, che, oltre all'onde, agirebbero anche come *forza motrice*. L'azione del vento si propagherebbe dagli strati superficiali a quelli profondi per effetto della coesione del liquido, mentre invece, specialmente per il Gulf-Stream, si ammetteva che ne fosse causa la elevata temperatura.

Si trova infatti che:

1° la quantità d'acqua che passa per il canale di Bahama è minore di quella che si muove nell'Oceano;

2° la temperatura dell'acqua nel golfo del Messico non è tanto elevata come si affermava.

Tuttavia anche la dilatazione dell'acqua per effetto del riscaldamento, maggiore in certi punti, costituisce un vero ri-

chiamo. Agiscono poi la diversa salsedine, il movimento di rotazione, la natura dei fondi (1).

Le correnti insomma sono, come ogni fenomeno naturale, risultanti di parecchi movimenti. Esse rimescolano le acque dei mari, e costituiscono una perpetua rivoluzione avente la sua causa fondamentale nella energia solare.

Alle correnti corrispondono delle controcorrenti o *correnti di ritorno,* superficiali o profonde.

Le correnti marine subiscono variazioni nella loro direzione.

La navigazione approfitta oggi delle correnti variando la rotta così da servirsene come di una componente con la forza del vapore o della vela.

Corrente del golfo. — Detta anche *Gulf-Stream,* parte dal golfo del Messico (temp. 25°?) e come un fiume più turchino del mare si dirige con una larghezza di 60-100 chilometri all'altezza del banco di Terranova. La velocità sua è di 2 m. e $^1/_2$.

Ivi incontra gli *icebergs* e li fonde.

Si divide in tre rami:

uno va alla Groenlandia;

un altro volge a Nord-est e porta le sue calorie residue al mare polare;

il terzo ripiegasi al sud.

Corrente equatoriale. — Dall'Africa al mare delle Antille. È larghissima.

Corrente caraiba. — Parte dal capo S. Rocco e scorre lungo l'America meridionale con la velocità di 7 chilometri all'ora. Un altro ramo della corrente equatoriale si piega al sud.

Corrente di Mozambico. — Si muove nell'Oceano Indiano nella direzione sud sino a Madagascar.

Si divide in due, una che va al Capo di Buona Speranza (Corrente di Lagallas) e l'altra all'est.

(1) Come curiosità ricordiamo che si volle attribuire un'azione alla deposizione di carbonato calcico nelle isole coralline.

Nel Mediterraneo vi è una corrente d'uscita profonda che va nell'Atlantico ed una corrente di entrata proveniente dal Mar Nero.

Flora del mare. — È fatta da poche specie (47) di monocotiledonee, come le *Zostere* (fig. 47) che l'onda strappa dai fondi (10 m.) e raccoglie alla riva in istrisce brune e le *Posidonia* che stanno aderenti agli scogli con un breve rizoma, e da alghe. Nei mari caldi predominano le *Floridee*, nei freddi le *Cianoficee.*

Ricordiamo i mari di sargassi. Il sargasso degli oceani (*S. bacciferum*) ha lunghissime foglie (1 m. 50) con margine ondulato ed organi idrostatici alle loro estremità. Il mare di sargassi dell'Oceano Atlantico si estende tra le isole del Capo Verde e l'Arcipelago delle Antille; ma le alghe sono più abbondanti fra il 50° e l'80° di longitudine.

Fig. 47. Zostera (fanerogama marina): fronde, fiore e frutto — A.

Occupa quindi uno spazio di 4,000,000 di chilometri quadrati.

I primi naviganti descrissero delle *praterie* marine che non esistono, limitandosi le piante a formare dei cumuli simili a verdi isolette galleggianti, in cui gli animali marini abbondano. Scrive il Reclus nella sua grande Geografia: « Le isole di verdura hanno la loro fauna come quelle di terra. I pesci che si nascondono alla loro ombra o nella loro massa hanno il colore dello strato protettore, e sono difficili a vedersi anche per i naturalisti fra quelle alghe, il cui colore verde olivastro è misto di bianco e di giallo ».

Un pesce, l'*Antennarius marmoratus*, lungo da 4 a 10 centimetri, sembra piuttosto un pezzo d'alga. Le sue pinne posteriori terminano con specie di dita: le anteriori hanno un'apparenza lontana di braccia.

Questo pesce si fa un nido con filamenti di alga.

I cumuli sono in media uno ogni 100 metri quadrati.

Oviedo disse questo mare *praderias de yerba:* è noto che i compagni di Cristoforo Colombo avendolo incontrato nel 1492,

ne furono spaventati, temendo di essere arrestati nella loro navigazione.

Si discusse anticamente sull'origine dei sargassi, volendo alcuni che fossero strappati dal fondo dei mari, supposizione che venne dimostrata falsa dal Milne-Edwards, che trovò il fondo del mare dei sargassi fatto di roccie vulcaniche. Altri

Fig. 48. Vegetazione di alghe presso la spiaggia.

pretesero che fossero alghe strappate dalla corrente del golfo (*Gulfstream*) alla sua uscita dal golfo del Messico.

Alcune alghe brune (Laminarie) raggiungono la lunghezza di 25 m.

La vegetazione delle alghe, limitata nelle profondità, è presso alcune costiere molto intensa (fig. 48).

Fauna marina. — È più abbondante vicino alla spiaggia ed è ricchissima, essendovi rappresentati quasi tutti i gruppi della classificazione zoologica. Le correnti marine favoriscono la diffusione di molte specie, come le foche e le otarie. Gli uccelli marini vanno a nidificare verso il polo. Le otarie del mare antartico si diffusero così nel Pacifico per il mare delle Molucche. Le balene sono proprie dei mari freddi e temperati, i delfini si trovano in tutti i mari, il narvalo ed il beluga stanno solamente nei mari intertropicali insieme ai capodogli.

Alcuni tipi (Echinodermi, Celenterati, Spugne) sono quasi esclusivi della fauna marina. Essendo la vita di origine marina non è a meravigliarsi che vi appartengano le forme organiche più basse dell'evoluzione.

Così si rinvennero nelle grandi profondità forme arcaiche di crostacei, di brachiopodi e di echinodermi (*Crinoidi* ed *Echinidi* con involucro molle).

Notisi ancora un'oloturia strisciante sul fianco.

Gli insetti sono rappresentati dagli *Halobates*, emitteri pelagici del mare delle Molucche.

Fra i rettili marini non abbiamo a ricordare che gli *Hydrophis* (1), e l'Amblirinco, specie analoga alle iguane, propria delle isole Galapagos.

Alcuni pesci (anguille, storioni, salmoni) emigrano dal mare ai fiumi e viceversa per la riproduzione. Le emigrazioni delle sardine, delle aringhe e del tonno nel Mediterraneo si compiono dall'alto in basso (batiche).

Fauna litorale. — Vive sino al limite delle alghe (200 braccia di profondità) e venne divisa (Gunther) in cinque zone:

1ª Oceano Artico;
2ª Atlantico Nord;
3ª Equatoriale;
4ª Sud temperata;
5ª Oceano Antartico;

(1) Lunghi circa un metro e velenosi, nuotano con la coda appiattita. Si trovano nell'Arcipelago della Sonda.

La fauna polare artica ha grande analogia con quella profonda, vivente sotto il ghiaccio degli oceani.

Anche la fauna abissale antartica, studiata specialmente nella spedizione della nave *Belgica*, è analoga a quella degli Oceani, essendovi la temperatura di 0°. La luce non penetra oltre 200 metri ed i raggi chimici si arrestano a 400.

Vi si trovano dei crinoidi, delle attinie, degli anellidi, dei briozoi.

Gli uccelli viventi sul ghiaccio polare antartico sono tre specie di procellarie, una di gabbiani e due di pinguini: quello di Forster e quello della Terra Adelia.

All'avvicinarsi dell'inverno, mentre si viene preparando il piumaggio più denso, si raccolgono insieme in gruppi in luoghi riparati dal vento. Alcuni vanno a fare il nido in terre scoperte più vicino al polo. È un nido semplice fatto con pietre disposte in circolo ed anche con le ossa dei loro congeneri (Racovitza); alimentano i piccoli con una pasta ricavata dal planeton. Sono monogami e sociali.

Altri uccelli sono propri dei due poli, ed abbondano di più al nord.

I veri pinguini della fauna artica hanno ancora qualche penna alle ali, mentre in altri palmipedi l'ala è vestita di scaglie simili a piume, e le estremità inserite all'indietro, per modo che stando a terra devono appoggiarsi anche sulla coda.

Quanto ai mammiferi, sui ghiacci nordici vivono orsi, renne e foche; al polo antartico non vi sono che foche.

I trichechi sono esclusivamente propri del polo nord. Nansen ne incontrò un grande numero.

I pinnipedi della regione più temperata della zona antartica sono invece delle otarie.

Fauna pelagica. — Comprende gli animali che vivono in alto mare e che sono eminentemente atti al nuoto:

Mammiferi — es. Balene, Capodogli, Delfini;

I capodogli, a differenza delle balene, di rado si trovano ad alte latitudini; sono grandi nuotatori che preferiscono i mari dei tropici e vivono in società; come tutti i cetacei muniti di denti (delfini, orche, narvali) presentano asimmetria nella testa

Tra i loro caratteri più notevoli si ricorda la cornea appiattita, la mucosa boccale bianca, il cervello che pesa solamente cinque volte quello dell'uomo, il midollo spinale lungo appena come quello del bue, l'abbondanza di sangue, lo strato di grasso sottocutaneo; caratteri di adattamento facili a spiegarsi con le nozioni di fisiologia elementare.

Pesci — Vi abbondano i carnivori. Es. Pescicani, Pesce luna, Pesce spada;

Tunicati — es. Salpe;

Cefalopodi — es. grossi cefalopodi incontrati spesso dalle navi;

L'esistenza di grandi cefalopodi oceanici è dimostrata, oltre che dalle osservazioni fatte a bordo delle navi, dalle scoperte del principe di Monaco. Fra le altre è interessante l'esame del contenuto dello stomaco di un capodoglio che venne rimorchiato sino all'isola di « Terceira ». Vi si trovarono tre grossi cefalopodi della lunghezza di un metro; una specie dal corpo coperto di squamme (*Lepidolethis Grimaldii*) e dei tentacoli di una specie non ancora nota che per qualche pezzo, tentacoli grossi come il braccio d'un uomo con venti dischi adesivi muniti di un artiglio. Questi cefalopodi avevano una grande natatoia che conferma la loro vita schiettamente pelagica.

Fig. 49. Desmonema Annasethe — A

Pteropodi — tutti.

Gasteropodi — es. *Janthina;*

Celenterati — es. Meduse, Fisalie.

I celenterati appartenenti alla meduse risalgono generalmente durante la notte. Oltre alla fosforescenza spesso sono adorni di colorazioni splendide e trasparenti e di forme eleganti, sia nel disco che può essere foggiato a fiore, sia nei

succhiatoi inferiori formanti una vera *cortina*, sia nei filamenti pendenti intorno del disco.

La fig. 49 rappresenta una desmonema dal disco rosso al centro, circondato da una corona di petali cerulei. Dal basso pende la cortina cerulea e vedonsi due ammassi di organi riproduttori (gonadi) che nell'animale vivo sono gialli.

Fig. 50. Floscula Promethea — *A*.

Nella fig. 50 è disegnata una floscula dell'Oceano indiano. Singolare per forma è la palefira del mar Rosso della fig. 51. Altre meduse oceaniche sono rappresentate dalle fig. 52 e 53.

Nell'alto mare guizzano fuori dell'acqua in lunghe escursioni aeree i pesci volanti e talvolta fanno salti e cadono anche sui ponti delle navi alcuni cefalopodi.

Anche alcuni piccoli crostacei copepodi (fig. 54, 55 e 56) muniti di lunghi peli foggiati a guisa di penne possono reggersi per qualche tempo per aria e ciò probabilmente avviene all'epoca della muta della pelle.

Alla fauna ed alla flora marina appartiene il *plancton*.

Fig. 51. Palefira primigenia — *A*.

Fauna delle grandi profondità, detta anche *abissale*. — *(st.)* Si pensava che sotto mezzo chilometro non esistessero animali; ma si scoprirono delle conchiglie e dei polipi aderenti a cavi telegrafici estratti da 2800 metri.

Le pesche recenti fatte da navi speciali ed attualmente continuate dal principe Alberto di Monaco sulla *Principessa Alice*, dimostrano che la vita profonda più di 8 chilometri.

I pesci dell'abisso, oltre alle forme spesso strane, possono presentare le seguenti particolarità di adattamento: pelle vizida con poche squame, colore oscuro, regime carnivoro, bocca ampia, stomaco molto dilatabile, per cui quando vengano sollevati (alcuni da pressioni di 200 atmosfere) quest'organo si estroflette per la bocca.

Fig. 52. Pegania pantheon —

Molti animali delle profondità sono fortemente fosforescenti ed hanno splendide colorazioni.

Talora la fosforescenza risiede in organi speciali, come si verifica nei pesci abissali. Anche fra i cefalopodi ed i pescicani che fanno escursioni in alto, si verifica questo fenomeno che diventa intensissimo in alcuni. Così Wiville Thomson pescò delle pennatule *(Funiculina quadrangularis)* risplendentissime nei fondi dello stretto di Shye ed il Folin trovò delle gorgonie che davano luce sufficiente per leggere il giornale a parecchi metri. Egli scriveva che i lampioni che erano accesi « parvero spegnersi appena questi animali vennero portati con la rete sul ponte della nave ».

Fig. 53. Perifilla dell'Atlantico — *A*.

Il plancton. — Trascinando in alto mare una finissima rete di garza si raccoglie una sostanza mucillaginosa detta plancton (1). È materia organica, formata da esseri viventi, vegetali ed animali, in gran parte microscopici e serve di base all'alimentazione di tutta la fauna marina. L'esame microscopico ne rivela la natura. In alcuni luoghi predomi-

(1) Il nome significa *agitato*. Nell'antichità Omero accennava alle isole *plancte*, mobili, e si favoleggiò di altre isole galleggianti come Delo, le Simplegadi del Bosforo tracio, ecc.

nano i vegetali, ed ivi naturalmente l'acqua abbonda di ossigeno; dove invece prevalgono gli animali vi è maggior CO^2.

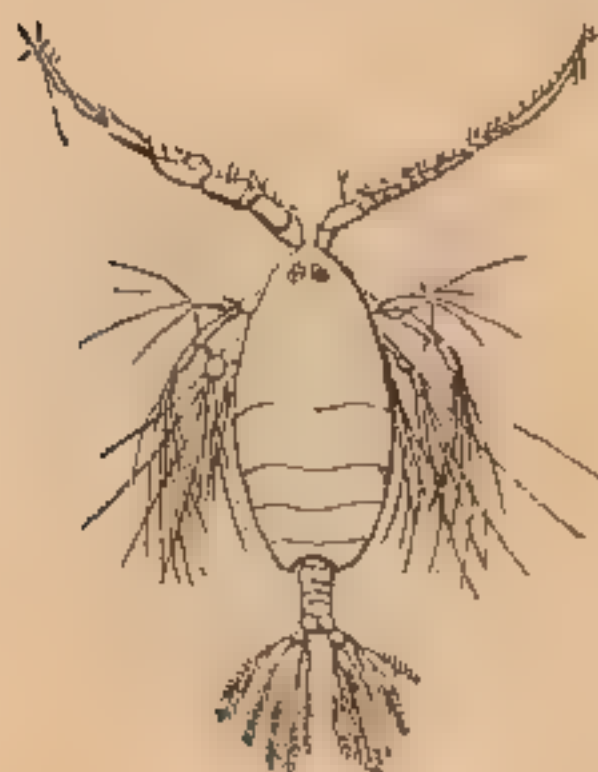
Dalle ricerche di Hensen e Brandt risulta che la quantità di plancton corrisponde in media a cinque grammi per m². Essendo la superficie del mare di 300,000 miliardi di m², la quantità totale del plancton superficiale è di un miliardo e mezzo di tonnellate.

Fig. 54. Pontellina plumata — A.

Nel plancton abbondano le larve degli animali marini, i quali generalmente hanno fecondità grandissima e metamorfosi. Le larve della fauna litorale spessissimo sono pelagiche.

L'Haeckel distingue due qualità di plancton marino od *aliplancton*: il *Necton*, superficiale, e il *Bentos* che vive sui bassifondi.

Il plancton dà al mare una speciale colorazione. La sua abbondanza di sviluppo è naturalmente in relazione con l'intensità della vita degli animali superiori e quindi con la pesca. La comparsa delle sardelle in certe località marine è, per esempio, collegata all'arrivo di maggior quantità di plancton (1).

(1) Il Thoulet già propone che si avvertano i pescatori della quantità di plancton che si trova nei paraggi di pesca.

EVOLUZIONE DELLA TERRA

Le ipotesi sulla formazione della terra, sulle sue prime fasi e sul suo avvenire fondandosi principalmente sulla cosmogonia e sull'astronomia fisica, ne diremo appena sommariamente.

La materia cosmica che a noi si rivela si trova in differenti stati, che sono quelli per cui deve essere passata quella della terra.

(fis). Lo spettroscopio (1) concede di trarre deduzioni sicure sullo stato della materia e dei corpi celesti. Le osservazioni spettroscopiche infatti danno *righe luminose* per i gas incandescenti (2) e *righe nere* per i corpi luminosi circondati da una atmosfera. La posizione relativa delle righe luminose od oscure corrisponde ai diversi corpi semplici. Se, per esempio, una sostanza incandescente dà certe righe luminose, la stessa sostanza se è attraversata dalla luce prodotta da un'altra sorgente, produrrà delle linee oscure nelle posizioni stesse che erano occupate dalle righe incandescenti. Si potrà perciò con l'esame allo spettroscopio della luce proveniente dai corpi celesti verificare se siano semplicemente dei corpi gassosi oppure dei corpi solidi o liquidi avvolti da una specie di atmosfera, e riconoscerne la composizione chimica.

Fig. 55. Calocalamus pavo — A.

La prima fase è quella della nebulosa primitiva, da cui sarebbesi formato il sistema solare, che corrisponde alle attuali

(1) Lo spettroscopio si fonda sulla decomposizione della luce composta col prisma, cioè sull'esame dello *spettro*.

(2) I solidi e i liquidi incandescenti hanno tutti il medesimo spettro

nebulose irresolvibili, fatte da gas incandescenti in cui molti corpi semplici si debbono trovare allo stato di dissociazione, cioè decomposti in unità materiali minori del loro atomo.

In alcune nebulose si vedono traccie di movimento rotatorio.

Dallo stato nebuloso si passa a quello stellare, a cui corrisponde la fase attuale del nostro sole, che non è che una stella fra le miriadi del cosmo.

La fase stellare è effetto della concentrazione della materia nebulosica in un nucleo.

Il sole dà uno spettro con righe nere. Esso infatti è formato da una massa liquida luminosissima *(fotosfera)* circondata da uno strato gassoso meno luminoso *(cromosfera)* abbondante in idrogeno. Le stelle hanno uno spettro simile a quello solare e quindi un'atmosfera incandescente. Le stelle bianche ed azzurrognole, Sirio e Vega, per esempio, dimostrano di essere ad una temperatura superiore a quella del sole. Vengono dopo le stelle gialle che dànno lo spettro del sole. Le stelle rossiccie dànno zone luminose e devono essere più *fredde* del sole; in alcune (Alfa di Orione e Beta del Pegaso), mancano le righe caratteristiche dell'idrogeno. Finalmente alcune stelle (Gamma di Cassiopea) dànno lo spettro dei gas incandescenti. La fase solare, con le macchie, corrisponde quindi ad un certo raffreddamento in cui si precipitano sull'astro liquidi o solidi luminosi. Poscia aumenta la caduta e si producono fenomeni di eruzione paragonabili a ciò che avviene in un incendio in seguito alla caduta di una trave.

Fig. 58. Copilia vitrea — A.

Le macchie solari, che sarebbero già (Faye) un fenomeno di vecchiezza, possono secondo alcuni spiegare il fenomeno delle stelle variabili di intensità. La diminuzione di luminosità corrisponderebbe all'esistenza di macchie molto estese (1).

(1) Le stelle *nuove* durano un certo tempo e poscia si spengono. Nel 1866 in una di queste stelle l' Huggins verificò un enorme fiammata di H.

La formazione del sistema solare da una massa primitiva, per effetto principalmente della reazione centrifuga (teoria di Laplace) e dell'attrazione universale (Faye), è ipotesi spiegata nei corsi di fisica.

Si sa pure che attualmente l'astronomia studia i movimenti proprii delle stelle anticamente considerate come fisse, corrispondenti a quello del sole (1).

Alla fase stellare segue quella *planetare*, costituita dallo stato di fusione e di progressiva solidificazione dall'esterno all'interno per raffreddamento, per cui si sarebbero dapprima solidificate le sostanze semplici dal punto di fusione più alto, formandosi in seguito le combinazioni dei metalli col carbonio. La massa principale della terra sarebbe perciò fatta di carburi metallici.

Avvenuta la precipitazione del vapore di acqua, questo penetrando nella terra avrebbe (Moissan) sviluppato dei carburi d'idrogeno da cui, per combustione, si formò l'anidride carbonica. Secondo alcuni l'ossigeno sarebbe stato prodotto dalla vita di vegetali primitivi.

(1) La fotografia del cielo permetterà col tempo di verificare esattamente questi movimenti, di determinarne la velocità e la direzione. Le misure astronomiche offrono infatti cause numerose di errore di natura *fisiologica*. Dapprima notiamo la fatalità degli *errori personali*, come li disse il Wolf. Le cognizioni che possediamo sulle funzioni del sistema nervoso ci spiegano come da osservatore ad osservatore possano variare *in più* od *in meno* le misure minutissime del tempo e degli angoli. Ogni persona ha una tendenza speciale a questi sbagli e nell'astronomia un errore di un minimo angolo corrisponde a milioni di chilometri. Inoltre le stelle, per la loro lontananza non dimostrano spostamenti che dopo un centinaio di anni, ond'è impossibile che possano valere i dati dello stesso osservatore.

D'altronde il primo *inventario* di stelle data appena da quello di Brandley, nel 1755, fatto per tremila stelle. Dopo il Lalande determinò la posizione di 40,000 stelle ed il Lacaille ne aggiungeva 10,000 visibili dal Capo di Buona Speranza.

Sinora poco più di una sessantina di stelle dimostrarono un movimento proprio di un minuto all'anno.

Si conoscono invece 6000 stelle doppie (coppie) e di 600 si determinarono i movimenti.

La presente e l'ulteriore evoluzione si può indovinare dallo studio fisico dei pianeti.

La superficie di Venere è velata dalla sua atmosfera (Flammarion e Fouqué) che è molto più densa della nostra e molto alta (1).

L'assorbimento progressivo delle acque nella terra potrà ridurre questa successivamente allo stato di Marte e della Luna, che è priva d'acqua.

Il Meunier pubblicava appunto un parallelo fra l'avvenire della terra e lo stato presente di Marte.

La distanza di Marte dal sole è 3/2 di quella della Terra: perciò riceve solamente 4/9 del calore da questa assorbito.

L'atmosfera ne è sottile e quindi un'altra causa di bassa temperatura. Secondo il Fizeau sono pertanto impossibili le inondazioni che vennero supposte in questo pianeta. Appena pochi vapori che gli danno il colore rossiccio. Inoltre l'acqua è poco abbondante e la terra di Marte manca di oceani presentando principalmente dei canali larghi talvolta un centinaio di chilometri.

Se il livello dei mari nostri si abbassasse di quattro chilometri, la Terra presenterebbe la configurazione geografica di Marte.

Sulla Luna poi non vi è acqua e quindi manca il lavoro di distruzione, come nel fondo dei mari della Terra (2).

(1) Si pensi che solamente due terzi della luce solare illuminano la Terra, per cui la Terra, esaminata da un'altro pianeta, perderebbe ancora un'altro terzo della sua illuminazione. Per la vicinanza col sole l'atmosfera di Venere deve essere piena di vapore e di nubi.

(2) Fra gli episodi di probabilità relativa dell'avvenire della Terra vennero notati l'urto di una cometa, il raffreddamento progressivo del sole, la caduta della Terra sul sole per diminuzione progressiva del raggio dell'elittica, ecc.

COSTITUZIONE INTERNA DEL GLOBO

Due scuole contradditorie ebbero credito: quella del *plutonismo* e quella del *nettunismo*. Oggi si aggiungono le nuove teorie del *centro gassoso*.

La prima suppone che la terra tuttora si trovi nel suo interno allo stato di fusione; i nettuniani invece vogliono che essa abbia da gran tempo raggiunto lo stato di solidità perfetta e che i fenomeni geotermici siano prodotti dal calore sviluppato principalmente dall'acqua che viene sempre più profondamente assorbita.

Questo problema, come si vede, si collega intimamente con quello dell'aumento del livello termico col crescere della profondità, fatto che è innegabile, almeno fin dove potè essere verificato dall'uomo.

Per i plutoniani è questo un residuo della temperatura primitiva.

I movimenti della terra, li spiegano sia per l'uscita di materia con le eruzioni vulcaniche, sia col raffreddamento maggiore sotto i fondi oceanici che hanno una temperatura bassa, siccome è dimostrato dall'oceanografia.

La scuola opposta raccoglie fatti e stabilisce delle ipotesi di un incontestabile peso:

1° *Osservazione delle temperature sotterranee.* — Se la temperatura più elevata che si incontra discendendo dipendesse da un focolare centrale, la progressione dovrebbe essere uguale secondo tutti i raggi, e ad uguali distanze dal centro. Invece si osserva che:

a) in certi luoghi occorre profondare più di 100 m. per ottenere un aumento di 1°;

b) quando il grado geotermico è di circa 30 m., cioè nel massimo numero dei casi, lo si ottiene tanto in pianura che sulle alte montagne, dove la distanza dal centro è maggiore.

A questo fatto i plutoniani oppongono la possibile influenza della differente conduttività della massa della crosta.

2° La densità media della terra, di 5,5, cioè molto superiore alla densità media della crosta. Occorre quindi che la densità interna sia superiore a quella media onde dare il valore trovato (1).

Quanto alla natura chimica del contenuto si pensa che possano prevalere nelle parti più centrali i metalli dal peso specifico più elevato che hanno pure più alto il punto di solidificazione e che la residua massa sia principalmente costituita da carburi di ferro. Giovano ad afforzare questa seconda ipotesi parecchie considerazioni e più che altro:

a) l'abbondanza del ferro nelle meteoriti, che dopo tutto debbono essere dei saggi della materia cosmica più diffusa. Si sa d'altronde come il carbonio, che si scioglie nel ferro fuso quando si solidifica, non passi per lo stato liquido senza una enorme pressione. Gli è appunto col mezzo di pressioni enormi che Moissan e Majorana (2) ottenevano la cristallizzazione del carbonio nella ghisa e quindi il diamante artificiale. Così si spiegherebbe l'origine profonda del diamante;

b) le reazioni del ferro carburato con l'acqua a temperature e quindi anche a pressioni elevatissime. Le reazioni che si compiono sono rappresentate nella seguente tavola.

(1) Il peso della terra P si determina con la bilancia di torsione del Coulomb; il volume V è conosciuto dalla circonferenza: la densità sarà

$$D = \frac{P}{V}$$

(2) V. Mineralogia — Diamante.

Così si spiegherebbe in certi casi la formazione continua di petrolio, l'esistenza dei carburi d'idrogeno fra i prodotti vulcanici, l'esalazione di CO^2, l'esistenza di H nel gas naturale, le sorgenti ferruginose e l'abbondanza di filoni contenenti i composti ossigenati del ferro.

Aggiungiamo che il Moissan ritiene che tutto il carbonio si sia primitivamente combinato con i metalli formando dei carburi del gruppo di quelli che reagiscono con l'acqua (2);

c) l'aumentare della proporzione del ferro nella composizione mineralogica dei silicati che costituiscono le roccie di prima formazione.

3° Il fenomeno della *precessione degli equinozi* avviene come deve avvenire per un corpo solido. Una massa liquida agirebbe come un vero freno a zoccolo interno e darebbe altri risultati.

4° Se la corteccia della terra si restringesse di un millimetro in un dato periodo di tempo, per esempio un anno, la massa di materia fusa che dovrebbe essere eliminata sarebbe di

(1) Dall'ossido agli idrati ed al carbonato.

(2) (*esp.*) Il carburo di calcio con H^2O produce dell'acetilene; altri, come quello di cerio e di uranio, sviluppano dei carburi liquidi e solidi (petroli).

510 km³, cioè quanta forse non venne emessa nei tempi storici. Inoltre la lava dovrebbe uscire contemporaneamente per tutti i crateri aperti.

Si vedrà invece che il vulcanismo si riduce all'eliminazione di quantità assolute minime di lava.

5° Molti minerali si idratano, e nell'idratazione vi è sviluppo di calore.

(*esp.*) Ciò si verifica p. es. nell'idratazione della scagliuola.

6° L'acqua può attraversare quasi tutte le roccie, sotto l'azione di forti pressioni.

7° L'acqua è il più abbondante dei prodotti vulcanici.

8° I vulcani si trovano generalmente presso il mare ed eliminano del *cloro* e dei *cloruri*.

9° La terra sotto l'azione dell'interna tensione potrebbe scoppiare.

Non si esclude da alcuni l'esistenza, ad una certa profondità, di uno strato di masse fuse per effetto del *calore intercrostale*, animato *forse* da differenti velocità a differenti latitudini, come avviene nella fotosfera solare.

Recentissime idee sulla costituzione della materia modificherebbero poi completamente la dottrina dell'interna costituzione della terra. Ad uno strato solido seguirebbero strati rappresentanti per ordine regressivo l'evoluzione della materia sino allo stato gassoso perfettamente omogeneo che si troverebbe nella parte centrale. Vi sarebbero perciò materia pastosa, fusa, gassosa, ultragassosa, ipercritica e monoatomica.

Secondo il Prinz gli strati concentrici sarebbero sette, con graduale passaggio dall'uno all'altro:

I. Strato esterno solido, non del tutto rigido tuttavia, essendo riconosciuto col pendolo che ha un certo grado di deformabilità;

II. Strato di plasticità latente, che trasmette le pressioni in tutte le direzioni. La plasticità cessa col cessare della pressione, ed in questi punti lo strato *ritorna* solido:

III. Strato pastoso (1);

(1) Questo strato non ha nulla da fare coi vulcani, poichè la plasticità dello strato superiore rende impossibile un passaggio permanente, sia un camino, una fessura od altro, alle materie che lo costituiscono.

IV. Strato liquido;

V. Strato di gas della natura dei gas ordinari;

VI. Gas allo stato supercritico. Alcuni si trovano a questo grado, altri non ancora (V. Temperature critiche, *Fisica*);

VII. Sfera centrale formata da un gas monatomico di grande densità.

In quest'ultimo stato non vi sono più differenti corpi semplici, ma una massa perfettamente omogenea, nel significato atomico, con *temperatura elevata* e *peso specifico* considerevole.

I vulcani sono nella teoria esposta attribuiti a serbatoi isolati, a *macule* superficiali, o per meglio dire poco profonde nello spessore della corteccia solida, senza escludere del tutto la possibilità che queste macule possano esser alimentate anche da un serbatoio più profondo.

Se internamente vi è una massa fusa, ecc., si comprende come lo studio fisico della fotosfera possa esser fecondo di applicazioni anche per la geologia.

———

CALORE SOTTERRANEO E SUE MANIFESTAZIONI

Vi è sotto il suolo uno strato dalla temperatura sempre uguale in tutte le stagioni *(strato di temperatura costante)*: quindi la temperatura viene crescendo con la media di 1° per 33 metri.

Queste misurazioni si prendono nelle miniere, nelle cave, nei *tunnels* scavando nella roccia delle nicchie con un pozzetto che si riempie di mercurio, e lasciando in permanenza nel liquido la bolla del termometro.

Vulcani.

Sarebbe superfluo porre una definizione dei vulcani. Il fenomeno del vulcanismo, prodotto meccanicamente dalla tensione di vapori, fra cui abbonda quello dell'acqua, ed accompagnato dall'eliminazione di quantità relativamente piccole di altri prodotti nei tre stati fisici, verrà qui da noi brevemente studiato nella sua fenomenologia, dalla quale si tenterà di assorgere alle probabili cause.

Non abbiamo nessun caso storico di neoproduzione di un vulcano. Le eruzioni che vennero descritte si riferiscono ad episodi di attività vulcanica che hanno succeduto ad un lungo periodo di pausa. Talvolta, come avvenne per il Vesuvio (anno 79), si credeva che il vulcano fosse definitivamente estinto.

Sebbene anche nelle età geologiche siansi verificati casi del riaccendersi del vulcanismo dopo immensi intervalli, si può stabilire che per regola anche il fenomeno vulcanico ha un'evoluzione, cioè principio, trasformazioni, attenuazione e

fine. Si può quindi indurre che la causa ne sia locale e che cessi col cessare di una provvista di energia. La temperatura interna deve venire diminuendo: le ultime manifestazioni sono le sorgenti termali.

Si distinguono:

1° le *eruzioni pliniane*, cioè il subitaneo risveglio di vulcani diventati inerti, con grandiosi fenomeni di esplosioni;

2° le *eruzioni stromboliane* (dallo Stromboli), con produzione quasi continua di eruttati, ma non di lave;

3° le *eruzioni vesuviane*, con spaccature, formazione di nuovi coni, colate laviche.

L'eruzione è accompagnata da terremoti.

I prodotti solidi ed i liquidi che si solidificano vengono a formare il cono vulcanico.

I coni vulcanici fatti di ceneri, lapilli, lave e scorie (fig. 57) sono poco coerenti e quindi presto vengono abbassando le loro cime per l'azione delle energie demolitrici dell'acqua e del vento.

Ci limiteremo a raccogliere alcune osservazioni.

Numero dei vulcani. — È piccolo relativamente all'estensione della terra: 270 secondo Johston.

Loro altezze. — L'altezza dei vulcani non supera la media di quella delle montagne.

Posizione geografica. — Quasi tutti si trovano presso al mare.

Fenomeni precursori. — Insieme ai boati sotterranei ed all'abbassarsi talora delle acque delle sorgenti, spesso si notano delle macchie gialle attorno alle fessure del cratere, prodotte non da zolfo, come si credeva, ma da *cloruro di ferro* (1).

---

(1) Il Sorrentino pel primo disse che il Vesuvio prima di un'eruzione emetteva *zolfo*. Le fumarole possono invero deporre anche dello zolfo per l'azione di H^2S e di SO^2: ma le macchie gialle premonitorie (Palmieri) sono di sesquicloruro di ferro o *Molisite*.

Influenza delle pioggie. – Spesso si verificò che le esacerbazioni vulcaniche seguirono ad annate molto piovose.

L'acqua che si infiltra attraverso ai materiali poco coerenti del cono, raggiungendo gli strati caldi, potrebbe rompere l'equilibrio per effetto della grande tensione di vapore che si sviluppa (1).

Fig. 57. Cono dell'Etna.

Fiamme vulcaniche. — Oltre all'illusione di una vampa, prodotta dall'illuminazione notturna dei prodotti eliminati per il riflesso della materia incandescente contenuta nel cratere, esistono talora vere fiamme, in cui con lo spettroscopio si scoprono il cloro, l'idrogeno, il carbonio, ecc.

(1) Il Daria già aveva osservato che il vulcano Kilaneva dava regolarmente un'eruzione dopo ogni pioggia. L'eruzione del Vesuvio del 1900 che lanciò dei massi a 300 m. d'altezza seguì ad una stagione eccessivamente piovosa.

Simile osservazione fece il De Stefani sulle fumarole e sui soffioni.

Prodotti vulcanici. Il più importante di tutti è certamente l'acqua, e l'esistenza del cloro e dei cloruri dimostra che interviene l'acqua del mare.

L'acqua si cambia in nubi e si condensa in temporali con fenomeni elettrici di cui si spiega l'origine nell'azione di sfre-

Fig. 58. Lava.

gamento delle sabbie e della cenere con le gocciole d'acqua.

I temporali vulcanici solamente per eccezione vengono accompagnati da grandine (1).

Fig. 59. Massi di lava.

Lave. - Le lave sono essenzialmente fatte di silicati acidi (lave leggiere) o basiche (lave pesanti). Esse risultano da un impasto di materia liquida e di cristallini (fig. 58) a cui è asso-

1) I fautori dei tiri contro la grandine insistevano sul fatto che sopra i vulcani non *doveva* mai grandinare durante le eruzioni.

ciata dell'acqua. Perciò col diminuire della pressione si libera del vapore e le lave spesso si solidificano in masse porose, disgregate, dette scorie.

In generale le lave formano delle *colate:* tuttavia in qualche caso si solidificano in massi (fig. 59) od in colonnati basaltici.

Differenza di prodotti in differenti eruzioni. — Se la materia delle lave provenisse dall'interno della terra dovrebbe

Fig. 60. Lave di differenti eruzioni.

essere sempre di uguale composizione. Invece questa spesso varia nelle successive eruzioni.

Anche ad occhio scorgonsi sui fianchi dei vulcani (fig. 60) le differenti qualità di lave espulse in differenti eruzioni: ogni eruzione produce lave di una speciale composizione di silicati.

Crateri. — I crateri dei vulcani si trovano ad una certa altezza ed hanno la forma di un imbuto. Siano spenti od in attività il fondo dell'imbuto non si trova a grande distanza dall'orlo. In ciò i vulcani terrestri si distinguono fondamentalmente da quelli della luna, i quali hanno crateri a pareti verticali che discendono più basso delle pianure e presentano spesso nell'interno un sollevamento circondato da un vallo. Da questa considerazione (Faye) si deduce che i fenomeni vulcanici lunari ebbero altre cause e non possono quindi fornirci spiegazioni sulla causa del vulcanismo nel nostro globo. Il più grande cratere del mondo (Ganud-Tengger) è nell'isola di Giava e si apre per 6500 m. con un perimetro di 20 chilometri; il più profondo ha appena 800 metri.

La fig. 61 rappresenta una parte del cratere dell'Etna, fotografata nel suo orlo. Spesso entro il cratere principale si formarono piccoli coni secondari, come è rappresentato dalla figura schematica 62 e delle spaccature.

Si verificò anche il caso della formazione di piccoli coni sporgenti entro il cratere da uno strato di lave fluide, come nel vulcano di Kilauea rappresentato nella fig. 63.

Fig. 61. Cratere dell'Etna.

Questo vulcano ci offre il caso di un cratere *per affondamento.* I suoi fianchi sono tagliati quasi verticalmente, e quindi sotto questo riguardo ricordano i vulcani della luna.

È probabile che siasi formato in seguito ad uno scoscendimento delle lave che lo sostenevano 3000 m. più alto di un altro vulcano. D'altronde nel 1860 il suo fondo si abbassò parzialmente di una trentina di metri.

Finalmente nuovi crateri possono formarsi per *esplosione.* Non mancano nella storia esempi di esplosioni vulcaniche, simili

[illegible]

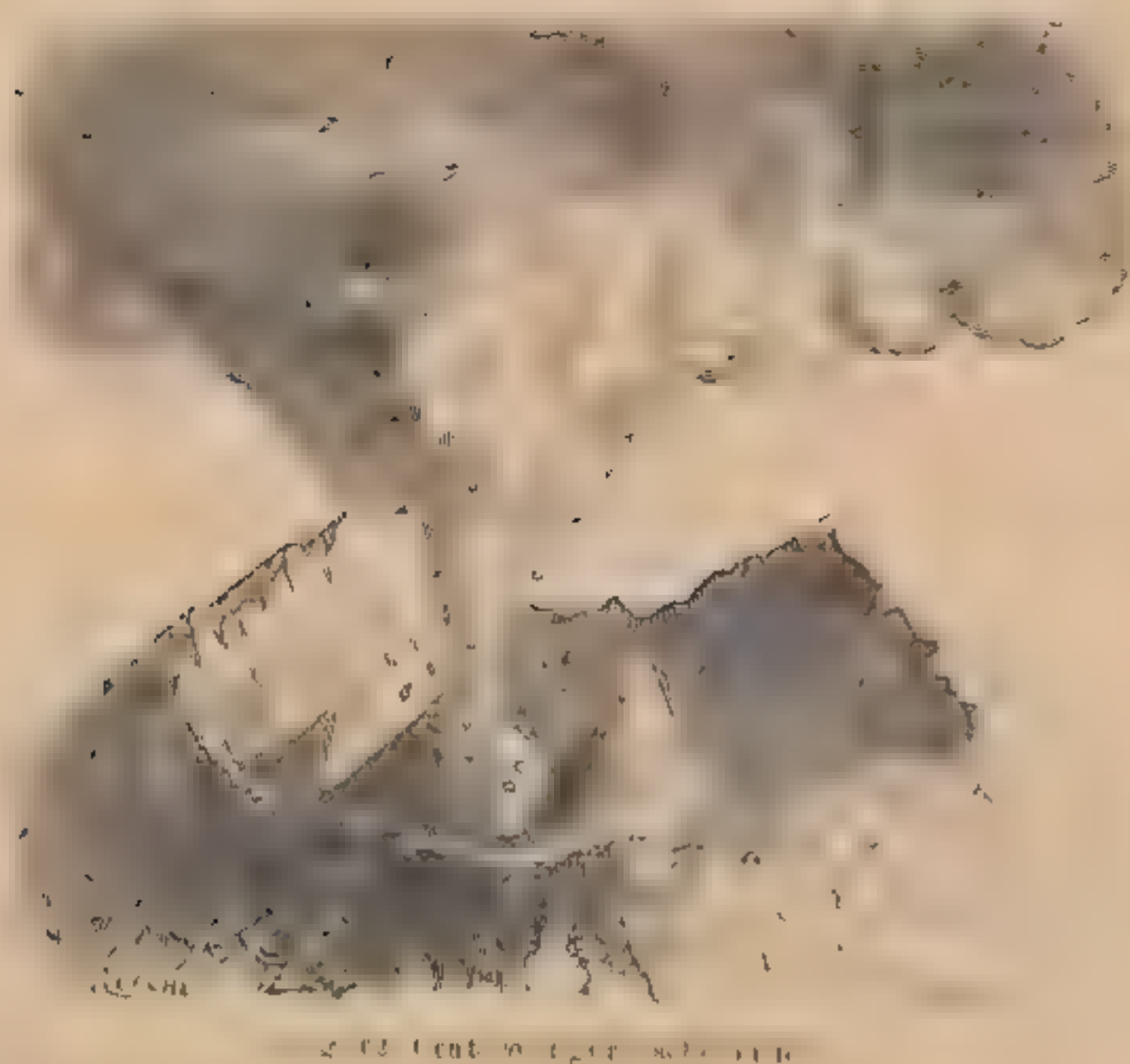



Fig. 63. Cratere di vulcano nell'isola Hawai.

allo scoppio di enormi mine: si citano in America dei casi simili per i vulcani di Cosenguina e pel Caraguairazo; come più spesso se ne verificarono alle Indie. L'esplosione del vulcano Ringitt di Giava uccise 10,000 persone. L'eruzione del Krakatoa fu accompagnata da un'esplosione.

Bombe vulcaniche. — Sono masse che si solidificano in aria roteando ed assumono forma fusoide.

Fig. 64. Cascata di lava.

Colate di lave. — Le lave formano talora delle cascate (fig. 64). Vennero spesso deviate nel loro corso dalle foreste. Sovente la parte più liquida, scorrendo sotto le scorie solide agglomerate, lascia delle gallerie con la superficie vetrificata.

Ben di raro la lava esce dall'antico cratere, colando lungo i fianchi del cono vulcanico (fig. 65): generalmente si formano dei nuovi coni avventizi ed in qualche caso la lava uscì da una spaccatura lungo i fianchi del vulcano.

Ceneri vulcaniche. — Anch'esse di varia natura mineralogica vengono sparse lontano dal vento e producono le luci crepuscolari (v. Atmosfera) ed i tufi vulcanici.

Pomici. — Sono porose, leggiere, dure. Nelle eruzioni sottomarine possono galleggiare per un certo tempo sulle onde (1).

Fumarole. — Sono uscite di gas e di vapori che si verificano di preferenza presso il cratere.

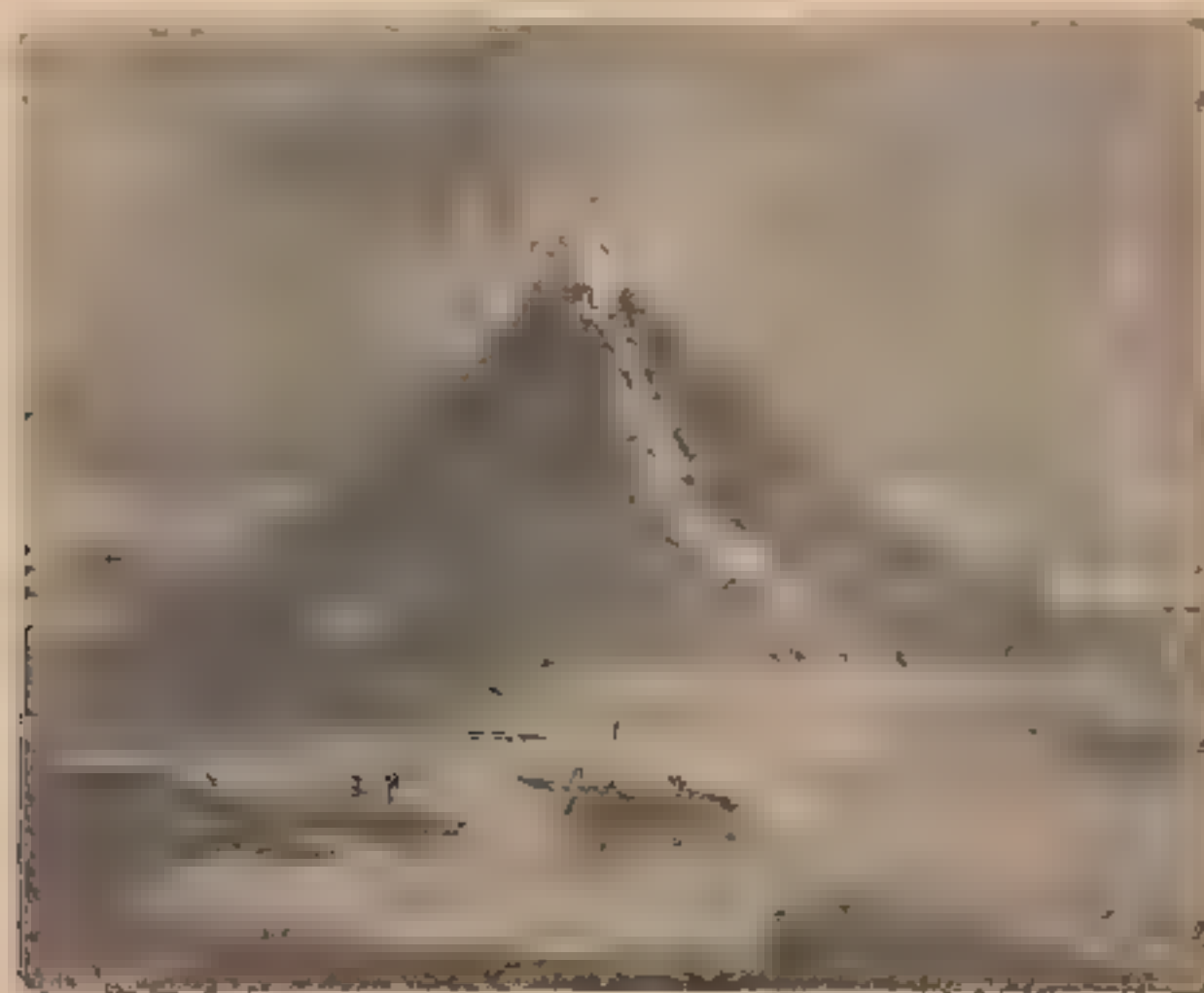



Fig. 65. Uscita della lava dal cratere antico.

Le *fumarole secche* hanno la temperatura di 500° circa e son costituite da cloruri allo stato di sublimazione: le *acide* contengono acido cloridrico (HCl) ed anidride solforosa (SO^2), ed altre, *ammoniacali*, contengono del cloruro d'ammonio (H^4NCl) (2).

1) Non si potrà quindi conchiudere alla natura vulcanica di un fondo marino dall'averci raccolto *un solo* saggio di pomice. Le pomici vengono infatti portate lontano dalle onde, finchè, per l'assorbimento di acqua, il loro peso specifico non le faccia profondare. Dopo l'eruzione del Krakatoa si raccolsero per es. dalle navi numerosi saggi di pomici galleggianti ad enormi distanze dal luogo della catastrofe.

2) A questa manifestazione del vulcanismo si ispirò forse l'Ariosto

« Sotto vasi vi son che chiamano olle
Che fuman sempre, e dentro han foco occulto ».

Vulcani sottomarini. — In queste eruzioni il rapido raffreddamento determina la formazione di piccoli cristalli, e quindi delle pomici e delle scorie e non delle lave solide. Perciò i vulcani sottomarini, allorchè emergono in isole, vengono rapidamente disfatti dalle onde.

(esp.). Versando del piombo fuso nell'acqua il metallo si solidifica similmente in piccoli cristalli.

Cause dei vulcani. — La piccola altezza dei vulcani in rapporto al raggio della terra sta in favore dell'origine loro poco profonda.

(esp.) Il Bombicci vedeva un meccanismo simile al vulcanismo nella produzione di piccole eruzioni e di coni nell'argento che si solidifica, eliminando l'ossigeno che ha assorbito nello stato di sua fusione.

Così il Gorini con misti di sostanze fuse che disse *plutonii*, otteneva da piccoli strati di materia dei vulcanetti di altezza relativamente grande.

Si possono osservare simili fenomeni (Meunier) facendo idratare la scagliuola nell'acqua bollente.

Sarà facile ottenere una graziosa imitazione della produzione di un cono di scorie accendendo sopra un piatto un mucchietto di *bicromato d'ammonio* in polvere.

L'azoto che si sviluppa rappresenta l'energia endogena del vulcano.

Già, parlando dell'interna costituzione del globo abbiamo accennato ad alcune opinioni sull'origine dei vulcani.

I fautori del centro gassoso non attribuiscono i vulcani alla materia dello strato liquido ma a serbatoi locali, forse alimentati dalla materia fusa degli strati sottostanti.

Essi infatti ammettono che vi sia sotto la terra un primo strato plastico che non potrebbe mantenere stabili vie di uscita nelle regioni vulcaniche.

Essi [illegible], come già si disse, riconoscono l'ipotesi delle *macule* di materia liquida più o meno isolate.

Per i plutoniani i vulcani sono le *valvole di sicurezza* contro la pressione della scorza terrestre sul liquido interno.

Ogni vulcano ha il suo camino che comunica col serbatoio centrale ed in cui le lave ascendono per la pressione infe-

riore come si solleva il mercurio in un manometro ad aria libera.

Le obbiezioni più importanti a quest'ipotesi vennero già indicate nel capitolo sulla costituzione del globo, e sono:

1° la variazione della qualità delle lave di uno stesso vulcano;

2° la mancanza di contemporaneità di emissione in tutti i vulcani;

3° la piccola quantità delle lave eruttate da tutti i vulcani della terra.

Benchè queste ragioni abbiano un valore riconosciuto, autorevoli geologi continuano ad insegnare che i vulcani sono un benefico provvedimento contro la spaccatura e la detonazione del globo terrestre.

Invece le eruzioni vulcaniche sarebbero secondo molti (teoria chimica) effetto di reazioni interne. La vicinanza del mare e le fratture della corteccia, più abbondanti attorno al dislivello pericontinentale, sono fatti che rafforzano questa ipotesi.

esp.. Non mancano esperienze chimiche che possano dimostrare una grande intumescenza, con produzione di sostanze contenenti dei gas. Molto dimostrativa è quella dell'amalgama di sodio posta in un bicchiere su cui riversa una soluzione di cloruro d'ammonio.

Tuttavia il pendolo non dimostrò ancora l'esistenza di grandi cavità sotto ai vulcani.

I lavori sotterranei che si dovessero fare sotto un vulcano spento potrebbero forse procurare interessanti osservazioni sulla localizzazione del focolare vulcanico.

Il Taquin, notando le imponenti manifestazioni elettriche del cataclisma della Martinica, i fulmini enormi, le irregolarità della bussola delle navi, propose un'ipotesi elettrica. Supponiamo egli dice, che per cause ancora ignorate ma certamente di origine cosmica, aumenti enormemente l'intensità elettrica sotterranea in una regione del globo. Si avrà così una vera corrente ad alta tensione che, percorrendo un conduttore, per esempio una catena di montagne, e trovando una resistenza maggiore in un punto, potrà sviluppare del calore e *fondere il conduttore*.

L'acqua decomposta darà un miscuglio detonante. Il pericolo maggiore è quindi nella fase della produzione di gas detonante.

Le morti istantanee verificate a Saint-Pierre sarebbero quindi state effetto di scariche di gas e vapori elettrizzati.

Così il Taquin spiegherebbe il contemporaneo risveglio dei vulcani che si trovano allineati secondo un sistema orografico, nonchè la ripartizione di molti vulcani secondo linee che seguono i meridiani magnetici.

Anche il Velain attribuì all'elettricità il gran numero di vittime trovate intatte o superficialmente combustionate alle Antille. Quanto alla deviazione delle bussole egli invoca la grande quantità di ferro ossidulato (70 %) che si trovava nelle ceneri vulcaniche.

Il mare dei Caraibi è profondissimo e quindi vi si devono trovare delle fessure facili alla produzione dei vulcani disposte tutt'attorno. Inoltre l'abbassamento di queste regioni è relativamente recente, poichè esisteva prima in quei luoghi un continente analogo all'Atlantide del Nord.

Alcune eruzioni recenti. — L'eruzione del Krakatoa avvenne nel 1883. Questo vulcano si trova in un'isoletta dello stesso nome fra Giava e Sumatra, nello stretto della Sonda. Preceduta da eruzioni di minor conto, l'esplosione ebbe luogo il 26 agosto. Una colonna di 20.000 metri di altezza, percorsa da un getto formidabile di vapore, sparse dapprima delle ceneri, poi delle pietre pomici miste a fango. Contemporaneamente si formarono delle ondate gigantesche, di 35 metri di altezza, che si rovesciarono specialmente sulle rive di Giava.

Sopravvenne una notte di *18 ore*, durante la quale i fenomeni vulcanici continuarono.

Quanto agli effetti di vari fenomeni dell'eruzione, il getto verticale di materie destò un'oscillazione nell'atmosfera che fece tre volte il giro della terra: il rumore dello scoppio *pare* si udisse agli antipodi. Le ondate distrussero varie città e causarono la morte di 40.000 abitanti: delle navi furono portate a 3 km. nell'interno del paese, e, in alcuni luoghi, il mare si spinse fino a 10 km. dalla costa. Le ceneri rovinarono le coltivazioni, prosciugarono i corsi d'acqua e le sorgenti: per

un raggio di 15 km. dal vulcano raggiungevano uno spessore da 20 a 40 m. Le polveri sparse nell'atmosfera produssero per tutto il mondo delle splendide colorazioni crepuscolari.

Nella Martinica la montagna Pelée, che pareva spenta da 50 anni, si risvegliò verso il maggio del 1902. L'8 maggio un getto orizzontale di gas incandescenti si precipitò sulla città di Saint-Pierre, a 8 km. di distanza e causò la morte istantanea, più per asfissia o per inibizione che per scottature, di

Fig. 66. Solfatara di Pozzuoli.

circa 30.000 persone. La rapidità della catastrofe è data oltre che dall'atteggiamento dei cadaveri, dal fatto che un abitante di Port-de-France, che conversava per telefono con un amico di Saint-Pierre, intese ad un tratto un grido, quindi un rantolo ed il silenzio. La nube di gas era attraversata da innumerevoli lampi e la zona devastata aveva nettamente la forma di un settore circolare allungato. Particolare abbastanza strano, anche l'acqua del mare si fece calda.

Vulcani estinti. Vulcani laziali. — *(st.)* Nella storia si accenna ancora a vere manifestazioni di questi vulcani alla epoca dei re.

Essi attualmente sono ridotti alle ultime forme di vulcanismo, come le acque termali. Il cratere dei vulcani spenti spesso si converte in un lago in fondo ad una valle circolare o circo.

Vulcani spenti francesi. — Riguardo alla *possibilità* della riaccensione dei vulcani spenti, notevoli sono i fatti verificatisi nei vulcani del Cantal e di Mont-Dore.

Vi furono dapprima in quelle località dei vulcani che, dalla massa dei loro detriti, dovevano avere l'altezza di tre chilometri, e che si spensero e vennero quasi spianati dall'azione del tempo, restando coperti da altri sedimenti.

Nell'epoca quaternaria si rinnovellò l'attività vulcanica nella stessa località e sorsero gli ottanta vulcani oggi nuovamente spenti della *Chaîne des Puys*, in modo che quel paese fu letteralmente coperto di lava.

Altri fenomeni di vulcanismo.

Solfatare. — Sono emanazioni di acido solfidrico, che viene eliminato dalla terra o da sorgenti sulfuree, spesso unito a CO^2. Si verificarono anche repentine esacerbazioni di questo fenomeno, come per esempio quella avvenuta a Cerro-Azul sulle Cordigliere nel 1847. Le solfatare diconsi anche potizze o pozzolane. Nei dintorni di Pozzuoli (fig. 66) ne esiste una nel cratere di un antico vulcano.

Salse e vulcani di fango. — Questi due fenomeni non sono essenzialmente distinti perchè nei due casi avvengono eruzioni fangose.

Però dalle salse col fango sono eliminati dei carburi d'idrogeno. In Italia è celebre la salsa di Sassuolo, presso Nirano, che nel 663 prima di Cristo diede una spaventosa eruzione ricordata da Plinio. Altre eruzioni avvennero poi successivamente ad intervalli di varia durata.

La salsa di Nirano (Modena) (fig. 67) è un gruppo di vulcanetti di fango alti una settantina di metri.

Fig. 67. Salsa di Nirano.

Nella regione del Caucaso si trovano vulcani di fango di una certa importanza, come l'Ottmann-Boss (fig. 68) il cui

Fig. 68. Vulcano di fango Ottman-Boss.

cratere è largo quasi mezzo chilometro. Oltre al fango, questo vulcano erutta dal suo cratere anche delle pietre.

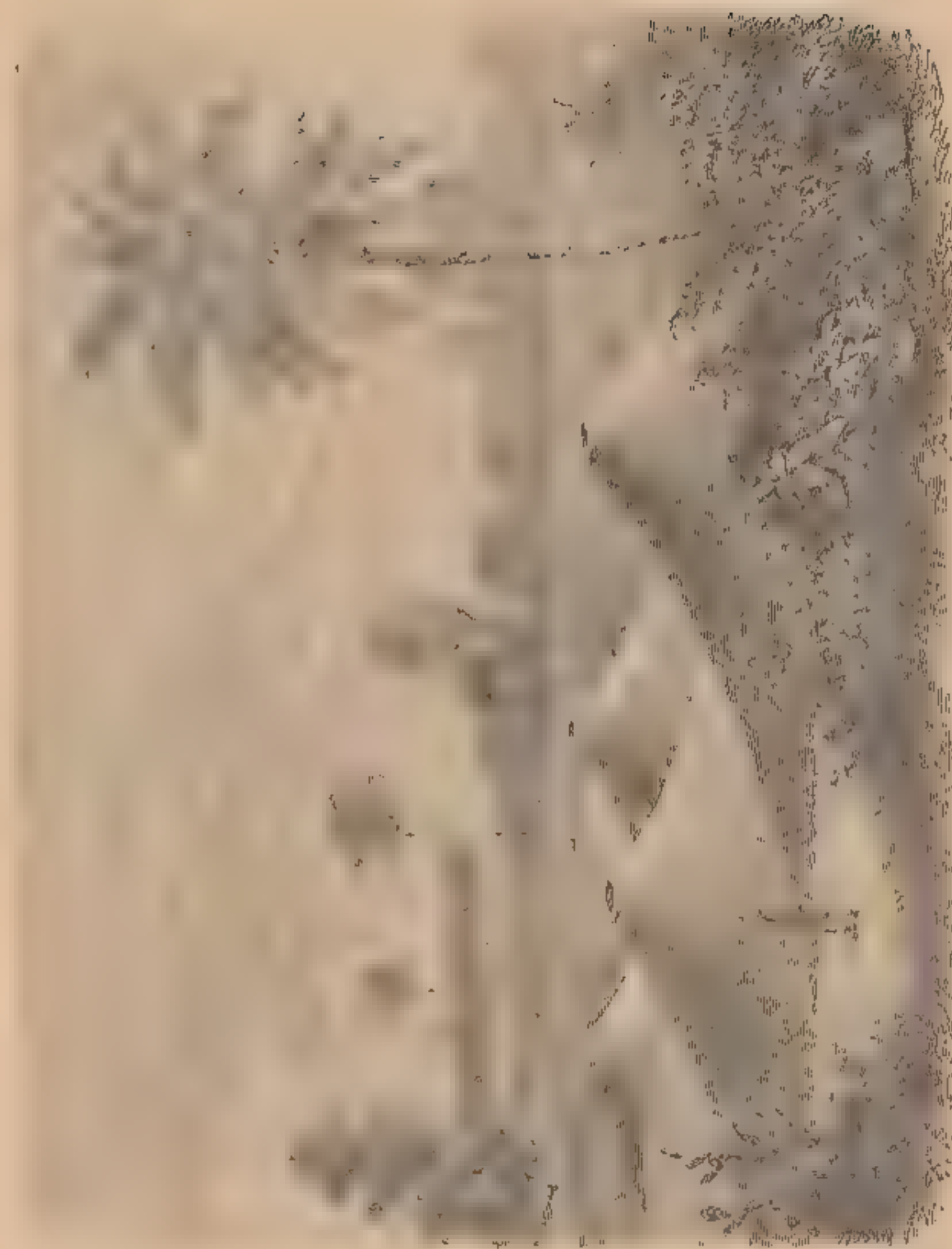



Fig. 69. Salse di Tarbaco.

La fig 69 riproduce i celebri vulcani di fango dell'isola di Tarbaco.

Sorgenti di vapore. — Si dà il nome di *stufe* (fig. 70) alle sorgenti di puro vapore, che non sono rare nelle località vulcaniche; i soffioni invece trascinano spesso dell'acido borico. Sono notissimi i *soffioni* che si trovano fra la valle di Cecina e quella di Cornio in Toscana, sorgenti di vapore raggruppate qua e là. I soffioni spesso cessano in un luogo per ri-

Fig 70 Stufa nella Nuova Zelanda

prendere in luoghi vicini, iniziando la loro attività con piccole esplosioni.

I *geyser* (fig. 71) sono getti intermittenti di acqua calda che s'innalzano a parecchi metri e si riproducono talora ad eguali intervalli. Talvolta il getto può sollevarsi a quaranta ed a settanta metri.

Il tubo da cui esce il liquido nel grande geyser islandese è profondo appena 23 metri ed è circondato da un bacino. L'acqua dei geyser trascina dell'idrato di silicio (opale) che in parte si depone in strati formando talora un piccolo cono nell'interno del bacino, mentre il rimanente ricade intorno sul suolo in tenui particelle.

In mineralogia dicesi appunto *geyserite* una qualità di opale, spesso con piccoli veli ocracei, che ha quest'origine.

I geyser modificano il clima d'Islanda ed il Labonne verificava che se non si può coltivare il grano nella regione ciò proviene non dal clima ma dalla soverchia umidità dell'aria (1).

Esistono pure dei geyser nel parco nazionale degli Stati Uniti, ed è celebre il *Vecchio fedele* per le regolarità dei suoi getti, che possono tuttavia essere provocati gettandovi delle pietre o dell'acqua di sapone.

La spiegazione antica, secondo la quale i geyser erano come dei sifoni in cui l'acqua si accumulava ed era eietta solamente quando i vapori sovrastanti al ramo interno avevano raggiunto una sufficiente tensione, venne abbandonata.

Così il Tyndall, che studiò attentamente la temperatura a diverse profondità dei pozzi geyseriani trovò che quella cresceva verso il basso, ma era sempre inferiore al punto di ebollizione corrispondente alla pressione di ogni strato. Occorre quindi che la tensione di vapori provenienti da fessure interne sollevi l'acqua ad una certa altezza, cosicchè si trovi ad una pressione minore. In questo caso è naturale che passi instantaneamente in vapore.

Mofete. — Sono esalazioni di CO^2, ed è celebre quella della *grotta del cane* (2).

Sorgenti termali. — Dalle nozioni che possediamo sui fenomeni termici della crosta terrestre emerge che le acque possono trapelare a temperature elevate per due cause (3), cioè:

1° perchè nella loro infiltrazione riescirono a profondità considerevoli e ciò in rapporto col grado geotermico;

2° perchè provenienti da centri di vulcanismo.

(1) Vi è un sol albero (*Sorbus aucuparia*). Le saghe di quel popolo ricordano che vi si coltivava il grano, ma probabilmente saranno state le cariossidi dell'*Arundo arenaria*. A tre metri sotto lo strato di opale egli trovò traccie di *Betula alba*, di *Salix Caprea* e *arctica*.

(2) Non ricorderemo che per curiosità la troppo celebre *valle della morte* dell'isola di Giava

(3) Vitruvio e Rochas d'Aiglun pensavano che il calore delle acque termali fosse prodotto dalla loro stessa azione sulle roccie; Elia di Beau-

Nei due casi è spiegabile il fenomeno talora osservato che queste sorgenti abbiano variato di temperatura in seguito a terremoti. Il disequilibrio sotterraneo può infatti far mutare la direzione degli strati permeabili alle acque. In seguito al terremoto di Lisbona le acque termali di Toepliz in Boemia cessarono anche per qualche tempo.

La temperatura possibile delle acque termali non ha altro limite che il punto di ebollizione alla pressione barometrica del luogo dove sgorgano, superato il quale sarebbero sorgenti di vapore.

Sia per la profondità da cui risalgono, dove sono più vicine le sedi di reazioni chimiche prodotte dall'acqua, sia per la loro temperatura, che le rende più atte a sciogliere i minerali che incontrano ed in qualche caso anche a determinarvi delle reazioni chimiche, le acque termali sono quasi sempre mineralizzate.

In Italia non sono rare queste sorgenti ed importante per la quantità dell'acqua è la *Bollente* che sgorga nell'abitato di Acqui, alla temperatura di 75°, mentre altre sorgenti di temperature più basse e differentemente mineralizzate si trovano presso la stessa città, ma sull'altra sponda della Bormida

Le sorgenti termali furono [illegible] in tutta l'antichità romana e dove zampillavano sorsero *terme* apposite per trarne profitto; nel medio-evo vennero in gran parte abbandonate.

Queste acque, sino ad una certa temperatura, ospitano piante ed animali speciali. Le piante sono specialmente delle *alghe verdi* e delle batteriacee speciali, di cui alcune hanno le proprietà di decomporre i solfati (v. Batteriacee, vol. *Botanica*). Spesso le sorgenti calde scorrendo sulle roccie danno origine alle cosidette *muffe termali*, che sono associazioni di alghe formanti degli strati verdognoli gelatinosi detti *placente* dai primi botanici che le studiarono, e che in alcuni stabilimenti (es. Vinadio in prov. di Cuneo) servono ad applicazioni curative sulla superficie del corpo.

mont le considerava tutte come « vulcani privati della facoltà di emettere altri prodotti ».

1. Gauthier collegò l'origine di molte sorgenti a linee di fratture esistenti negli strati.

Gli animali sono specialmente dei vermi come delle an-

Fig. 71. Geyser.

guillule (1) e naiadi o dei crostacei inferiori. La fig. 72 rappresenta con ingrandimento (200 diametri) un ciclope ed una

(1) V. Anfosso Carlo. *Fattori dell'influenza termale*. Acqui, 1885.

Nais trovati dal Joly nelle gallerie delle terme di Barèges in un'acqua calda a 44°.

L'influenza delle acque termali sull'organismo malato risiede specialmente nell'elevata temperatura, a cui coopera forse la radioattività loro speciale che può spiegare fino ad un certo punto come certe cure termali e di acque minerali non riescano bene che sul luogo.

Si usano anche in medicina i *fanghi* naturali caldi di certe sorgenti, di composizione mineralogica prevalentemente argillosa, talora contenenti delle conchiglie (*Paludina termalis* delle sorgenti di Abano, Battaglia ecc.)

A B

Fig. 72. Animali delle acque termali. *A*) Ciclope; *B*) Naiade.

Quanto ad usufruire in altri modi del calore di queste sorgenti noteremo solamente, oltre ai vari usi domestici, il tentativo fatto in Acqui di coltura forzata degli ortaggi mediante le acque della Bollente che facevansi scorrere in tubi sotto il suolo di uno speciale stabilimento orticolo (1).

(1) L'Arago consigliava di servirsi delle acque relativamente calde di un pozzo artesiano per riscaldare l'*Hôtel des Invalides* di Parigi e Babinet proponeva di fare un pozzo profondo tanto da ricevere del vapore alla temperatura di 100°.

MOVIMENTI DELLA SUPERFICIE DELLA TERRA

Microsismi.

Sono piccoli terremoti, vibrazioni cioè del suolo di origine interna, che si succedono frequentissime e passano all'uomo inosservate. Conviene distinguere i microsismi da altre trepidazioni della terra, prodotte dal soffiare del vento contro le montagne (1), ecc.

Le trepidazioni di origine interna, oggi dimostrate vere specialmente per opera del Bertelli e del De Rossi, non sono senza influenza sulla stabilità degli edifizi e specialmente delle costruzioni in ferro, oggi tanto in uso.

Si osservano:

1° col mezzo di apparecchi delicatissimi ad equilibrio instabile (*tromometri*), che si pongono in località lontane dalle trepidazioni industriali e sono collegati a sonerie elettriche;

2° col *microfono* posto in fondo ai pozzi e comunicante con un ricevitore telefonico. Le vibrazioni sotterranee vengono così convertite in *rumori*.

I microsismi dimostrano una certa instabilità sotterranea ed è naturale che siano più frequenti nei terreni di più recente sollevamento o vicino ai vulcani.

Sono d'altronde in correlazione coi terremoti, aumentando di numero prima delle vere scosse e quindi possono giovare come previsione.

(1) « Non così freme in su lo scoglio alpino
Di ben fondata rocca alta parete
Quando il furor di Borea o di Garbino
Svelle dai monti il frassino o l'abete ».

Ariosto.

Terremoti.

I terremoti generalmente si verificano con un *periodo* di scosse, di cui la prima è la più intensa.

I fenomeni precursori. — Oltre le esacerbazioni e tempeste microsismiche, sono talvolta le variazioni di livello nelle acque, il prosciugamento dei pozzi, le oscillazioni dell'ago magnetico, ed il rombo sotterraneo.

Meritano poi un accenno i fenomeni fisiologici. Mentre per l'uomo non esiste nessun preavviso, come si verificò fin anco nei frenocomi, spesso nelle relazioni scientifiche sui maggiori cataclismi si accenna a fatti di irrequietezza e di paura negli animali, e ciò non solo per i mammiferi, ma anche negli uccelli e negli stessi lombrichi.

Si imaginò dapprima, come spesso avviene per i fenomeni fisiologici, difficilmente spiegabili, un *senso* od un *istinto* speciale; ma è probabile, se il fatto è vero, che si tratti di sensibilità tattile. Più d'una volta abbiamo accennato in questo corso alla sensibilità speciale tattile di certi animali. La pelle del lombrico, per es., in certe regioni del corpo è persino sensibile alle radiazioni luminose. È quindi probabile che certi animali (e per gli uccelli vale anche l'equilibrio instabile del loro corpo nell'atteggiamento di sonno) possano percepire le vibrazioni sotterranee mute per l'uomo (1).

Gravità e fenomenologia dei terremoti. — Nel 526 un terremoto in Antiochia fu causa della morte di 20.000 persone: 60,000 si calcola che siano state uccise dal terremoto di Calabria, descritto dal Coletta ed avvenuto nel 1783: quello di Lisbona (1755), di cui il Barotti narrava magistralmente lo sviluppo, fece 30.000 vittime; ad Ischia nel 1883 una sola

(1) L'Onimus nel terremoto del 1887 verificò le influenze morbose di natura psicologica del terremoto, fra cui una speciale fobia (oicofobia), cioè la paura dei locali coperti.

scossa fu causa di 2300 morti. Nel terremoto che devastò la Spagna nel 1884, nella sola provincia di Granata vi furono 2500 morti e 3240 case distrutte e quasi contemporaneamente un simile disastro faceva crollare al Giappone 1080 case con 2070 morti. Un ultimo importante terremoto devastava la Liguria e le Alpi marittime nel 1887.

Il terremoto incomincia a sentirsi da un punto detto *epicentro*, da cui le oscillazioni irradiano intorno.

Prodotte da una causa sotterranea, le onde si propagano con movimento uniforme.

Si esamini la fig. 73 in cui *C* sarebbe il centro motore delle onde di terremoto (*onde sismiche*) ed *E* l'epicentro. Essendo le onde rettilinee, dirette secondo i raggi, il punto *E* e la regione che lo circonda subiranno delle scosse di basso in alto

Fig. 73. Onde sismiche. *C*) Centro del terremoto; *E*) Epicentro; *Ca*, *CT*, *C1*, *C2*, *C3*, *ecc.* raggi delle onde sismiche

o *succussorie*, mentre invece i punti più lontani *b*, *c*, *d*, a cui le onde arrivano molto inclinate, saranno agitati da scosse *ondulatorie*. La stessa figura ci dimostra anche intuitivamente che la causa dei terremoti non è straordinariamente profonda. Se infatti così fosse l'incontro dei raggi sismici con i punti *a*, *b*, *c*, *d*, cioè la diffusione del terremoto alla superficie della terra non avverrebbe quasi uniforme, come succede, ma andrebbe a distanze differenti in tempi uguali. Se poi la causa fosse centrale al globo dovrebbe il terremoto manifestarsi contemporaneamente in tutti i punti.

Le prime scosse, corrispondenti all'epicentro, sono le più terribili.

I paesi predisposti al terremoto sono l'Algeria, il Marocco, l'Asia Minore e le sue isole. Schio nel 1881 fu agitata da vio-

lentissimi terremoti. Nell'America sono più spesso agitati il Cile, il Perù, la repubblica dell'Equatore, il Messico, la California e l'Alaska; nell'Asia il Giappone e le isole della Sonda. In Europa notiamo l'Italia e la Svizzera.

Abbiamo già accennato alla successione delle scosse formanti un periodo sismico. Pinerolo nel 1808 ebbe ogni dì una successione di scosse dal 2 aprile al 17 maggio e dopo una pausa il fenomeno ripigliò il 26 settembre per cessare il 26 giugno dell'anno seguente. Nel 1851 le scosse che rovinarono Tebe continuarono per undici mesi, agitando tutta la Beozia.

Proiezioni. — In qualche regione si verificarono casi di vera proiezione dei corpi. In Calabria saltarono in aria delle case; a Rio Bamba, nella Colombia, dei cadaveri furono lanciati a 100 metri di distanza; a Forio una fanciulla si trovò, dopo

Fig. 74. Fessure del suolo in seguito a terremoto.

il terremoto, a 100 metri di distanza sopra una roccia, 20 metri più alta dal punto dove stava.

È tuttavia prudente per molti di questi racconti di ricordare gli effetti suggestivi della paura, per cui in qualche caso vi può essere esagerazione. Nel 1692 alla Giamaica si narra che alcune persone furono lanciate nel mare sopra le rovine della città.

Non parliamo della rotazione di statue e di obelischi sopra la loro base. Sono fatti spesso citati la rotazione dell'obelisco di S. Bruno, quelle della statua di Minerva a Aix-la-Chapelle e della statua della Vergine a Casamicciola.

Influenza delle altezze. — Le oscillazioni sono maggiori in alto. A Madrid gli spettatori di un teatro che si trovavano

in platea non sentirono quasi scossa e non mancano casi di forti terremoti non sentiti nel fondo delle miniere.

Fessure del suolo. — Costituiscono l'episodio più disastroso (fig. 74) e talora sono radianti, talora parallele.

Nel 1869 gli abitanti di Onlah, nell'Asia Minore, rifugiatisi sopra una collina, videro la loro città inabissarsi e scomparire in una grande spaccatura. A Battang (Cina) nel 1871 furono inghiottite da fessure del suolo migliaia di abitanti, scomparvero delle piccole colline e delle montagne si spaccarono.

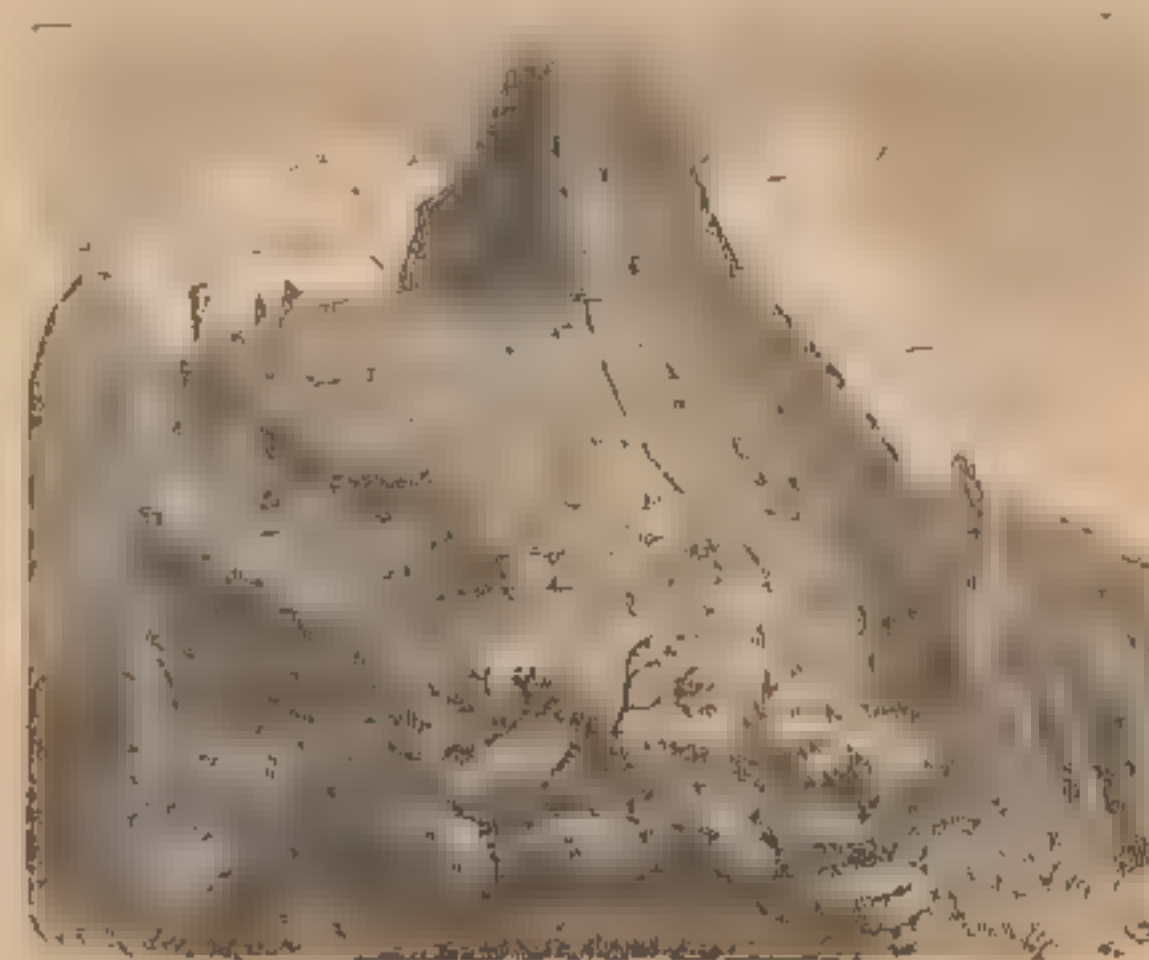



Fig. 75. La torre di Terranova.

In Calabria la spaccatura formatasi a Plaisano era lunga sette chilometri, larga 35 metri e profonda 75.

In seguito ad una spaccatura l'acqua di un torrente s'infiltrò, determinò uno strato sotterraneo di fango e produsse lo sdrucciolamento di un tratto di collina. Nel 1698 alla Giamaica si formarono circa 300 spaccature.

Nello stesso terremoto la torre di Terranova si spaccò (fig. 75) per il lungo e si abbassò per metà di 5 metri.

Maremoti. — L'oscillazione sismica si diffonde a grandi distanze attraverso agli oceani producendo delle onde che si

addentrano a molti chilometri nella terra, naturalmente in correlazione con la loro altezza e con l'inclinazione della spiaggia.

Si imaginano i danni di queste onde di terremoto (*raz de marée, salidas de mar*).

Nell'eruzione del Krakatoa il mare si ritirò e quindi ritornò rovesciandosi con un'onda di 35 metri d'altezza sopra le città di Anjer, Telok-Bétong, Bantam, ecc. distruggendole completamente. L'onda fu sentita al Giappone e da Panama.

Il terremoto di Lisbona si diffuse al mare e fu notato un sollevamento dell'acqua in Irlanda ed alle Antille.

A Lima il mare (1724) si alzò a 27 metri e si trovarono navi entro terra ad una lega di distanza. Nel 1868 un'onda simile si estese da Arica a Callao, alta 13 metri (1).

Estensione e diffusione dei terremoti. — L'estensione è varia. Le scosse seguono le catene di montagne *più recenti* oppure le *linee litorali*. Sulle Alpi i terremoti si sentono di più, in linee secondarie, dal nord al sud e simile cosa si verificò nell'Andalusia. Le regioni a strati orizzontali come le *pampas*, il bacino di Parigi, le pianure della Russia e della Germania del Nord avrebbero meno da temere dalle manifestazioni sismiche.

Velocità dell'onda sismica. — In media è di 340 metri: la massima fu di 1600 metri in Andalusia. Ecco d'altronde una tavola del Velain:

Terremoto di Lisbona	M. 540. —
» della Germania del Nord (1843):	
all'ovest	» 590.
all'est	» 885.
» delle provincie Renane (1846).	» 434
» della Guadalupa (1843)	185.
» di Viège (1855)	» 872.
» di Calabria (1857)	» 226.
» del Perù (1872)	» 131. 50
» della valle del Reno (1880). .	» 550.

(1) Quasi in ogni traversata si sentono piccole onde di terremoto. Anche i bacini lacustri partecipano al fenomeno. Le onde di traslazione del Pacifico hanno da 150 a 300 metri di velocità al minuto secondo.

Determinazione del centro. — Partendo dalla considerazione che le spaccature che si formano per effetto di un terremoto devono corrispondere ad un dipresso alle superfici concentriche delle onde, le perpendicolari sollevate su queste devono incontrarsi nella regione dove ebbe origine il terremoto stesso, in una specie di *catacaustica*. Infatti queste perpendicolari non corrispondono alla direzione delle vibrazioni, e queste non devono tutte partire dal centro?

In tal modo mediante l'inclinazione all'orizzonte delle spaccature e con un semplice calcolo trigonometrico si determina la profondità del centro, e si trova che è sempre a pochi chilometri dalla superficie.

Cause dei terremoti. — Alcuni sono indubbiamente di origine vulcanica; ma altri non hanno relazione di sorta coi fenomeni del vulcanismo.

Il Forel, che studiò i terremoti della Svizzera, dimostrò che hanno causa orogenica, cioè che sono collegati a scoscendimenti interni nella massa delle Alpi.

Piccoli terremoti dipendono, come si vedrà, da erosioni quasi superficiali.

Furono *cause locali* che determinarono i terremoti della Spagna e della Liguria. Anche a Dorignes il terremoto si limitò allo strato cretaceo *profondo solamente 230 metri*, e non venne sentito dai minatori di carbone che stavano sotto di questo strato.

I terremoti di Spagna e di Liguria si sentirono in corrispondenza delle dislocazioni degli strati profondi, vere fratture interne a cui corrisponde necessariamente una minore stabilità di equilibrio.

Quando il centro si trova a 15 o 20 chilometri sotto il suolo, l'acqua venendo per nuove vie in regioni di elevata temperatura può sviluppare una tensione di vapore che aggiunge il suo effetto a quello della dislocazione di nuova formazione. Ricordiamo che a 450° pochi centimetri cubi d'acqua possono fare scoppiare dei tubi di ferro dello spessore di un centimetro.

Nel terremoto di Spagna l'epicentro venne calcolato dal Fouqué alla profondità di 11 chilometri, dove la temperatura dovrebbe teoricamente essere di 366°.

Nè va dimenticata un'ipotesi del Meunier, secondo la quale i massi di roccie idratate trovandosi dai movimenti degli strati portati in ambienti di temperatura più elevata darebbero origine a fenomeni di calefazione con produzione di enormi quantità di vapore.

È discussa tuttora l'influenza della attrazione della luna e del sole, nonchè delle diminuzioni della pressione barometrica.

Considerati indipendentemente dai danni che possono arrecare all'umanità, ma solamente in rapporto alla geologia, i terremoti hanno piccola importanza.

In definitiva, sollevamenti, abbassamenti e spaccature di origine sismica sono cose insignificanti nell'economia statica del globo.

Come poco profonda ne è la causa, minori ne sono gli effetti geologici, fra cui abbiamo qui accennato al variare della temperatura delle acque termali.

Sotto il riguardo che diremo *umano* i terremoti vengono così classificati da Forel e De Rossi:

I. Scossa rivelata solamente dagli speciali strumenti detti sismografi.

II. Scossa sentita anche da poche persone.

III. Scossa sentita da molte persone.

IV. Scossa sentita dall'uomo anche nel lavoro. Tremito dei vetri e degli oggetti in equilibrio poco stabile.

V. Scossa sentita quasi da tutti. Suono dei campanelli, dondolio dei letti e degli altri mobili.

VI. Scossa che sveglia dal sonno, lampadari che dondolano, pendoli che si arrestano, ondulazioni degli alberi.

VII. Caduta degli oggetti dal centro di gravità alto, suono di campane, caduta di intonachi, paura di tutti.

VIII. Fessure dei muri, cadute di rocche di camino.

IX. Distruzione di qualche edifizio.

X. Caduta generale di muri e case, spaccature del suolo, ecc.

Le onde di terremoto possono presentare i noti fenomeni dell'interferenza, della rifrazione, e della riflessione e subire gli effetti delle differenti conduttività, cioè delle differenti resistenze dei terreni.

In generale delle rapide variazioni di resistenza corrispondono, in alto, ad effetti più spaventosi.

Pare che le cavità sotterranee agiscano in modo benefico, attenuando le scosse.

La scienza ha sinora poco da suggerire in previsione dei terremoti per l'orientazione delle costruzioni od altro.

Accenniamo solamente alla proposta delle costruzioni mobili su superficie curve metalliche nelle regioni più soggette alle scosse (1).

Finalmente noteremo la coincidenza di piccole perturbazioni sismiche con le grandi nevicate, osservata da alcuni.

Bradisismi.

Sono lenti movimenti della crosta terrestre che possono essere locali od estesi.

I fatti di bradisismo sono numerosissimi ed in varî modi constatati.

Quali siano le forze che li producono non è ben dimostrato. Come in tutti i fenomeni notevoli parecchie cause vi possono concorrere e con varia intensità, onde sarebbe puerile assegnare loro una causa unica.

La scuola dei plutonisti che ammette come si sa una massa fusa nell'interno del globo tentò di spiegare gli estesi sollevamenti di certi tratti dalla pressione maggiore che eserciterebbero i fondi degli oceani. L'acqua dei grandi fondi essendo fredda, lo spessore della crosta dovrebbe essere maggiore in corrispondenza dei mari e quindi esercitare sulla massa fluida una pressione che si traduce in una spinta dall'interno sulle altre parti della terra.

Secondo altri i bradisismi di grande estensione avrebbero per causa uno spostamento dell'asse della terra, di cui sarebbe ardire indicare le cause nell'insegnamento liceale ma che pure è dimostrato probabile dall'analisi.

(1) Quest'accenno è fatto come semplice curiosità e si riferisce alla costruzione ideata da un medico giapponese.

Anche la penetrazione dell'acqua nell'interno della terra, l'idratazione progressiva della sua massa interna, per cui il nostro pianeta dovrebbe finire per assumere la configurazione del disco della luna, coi suoi spenti vulcani (fig. 76) deve essere causa di movimenti a grande superficie.

Indipendentemente da queste grandi cause vi sono quelle locali, che possono produrre similmente dei dislivelli.

Fig. 76 Disco lunare, rappresentante una fase evolutiva della terra.

Così il riscaldamento ed il raffreddamento di un tratto di scorza terrestre dovranno avere effetti proporzionali al coefficiente di dilatazione delle materie di cui è fatta in quei luoghi.

S'imagini per esempio che:

1° Il tratto *A B* dopo essere stato per lungo tempo co-

A *B*

perto dai ghiacci rimanga allo scoperto, all'azione riscaldante delle radiazioni solari. In questo caso si dilaterà ed essendo

Fig. 77. Ruderi del tempio di Giove Serapide.

fissi gli estremi *A* e *B* si produrrà necessariamente una curva convessa verso l'alto, cioè un sollevamento.

2° Lo stesso tratto si riscaldi dall'interno per reazioni chimiche. Si produrrà il medesimo effetto.

3° Differenti tratti di terreno si riscaldino disugualmente. Ne avverranno contorsioni, movimenti di dislivello.

Il peso stesso, maggiore in una regione, può essere causa di movimenti.

L'Italia è in una fase di bradisismo per cui si verificano sollevamenti sul litorale del mar Tirreno e l'Uzielli ne trovò una causa nella pressione delle Alpi.

Lo stato di pastosità ad una certa profondità sotto il suolo bene tornerebbe a spiegare questi bradisismi.

Dei quali son parecchie le prove. Per l'Italia noteremo il recente sollevamento del fondo del golfo di Sant'Eufemia ed il notissimo caso delle colonne ruderali del tempio di Giove Serapide a Pozzuoli (fig. 77) che portano i segni di un ab-

Fig. 78. Erosioni marine antiche.

bassamento sotto l'acqua del mare nei buchi scavati dai litodomi.

Entro le terre possono essere in certi casi delle prove di bradisismi le variazioni del campo visibile da un punto; ma conviene pure tener conto degli effetti di levigazione per cui si vengono alterando lentamente i paesaggi indipendentemente dai movimenti per cause interne.

Le indicazioni più solide sono quelle date dalle linee litorali, siano terrazzi marini, banchi madreporici, roccie per-

forate da foladi e da litodomi, depositi di spiaggia: insomma tutto ciò che indica che il mare veniva sino ad una certa altezza.

Così le roccie della fig. 78 indicano una erosione marina ad una altezza dove oggi non arrivano più i marosi nelle maggiori tempeste e sono quindi una prova di sollevamento.

Epoche di formazione delle catene di montagne. — Il sollevamento delle grandi pieghe orografiche dei continenti si compì con una tendenza al parallelismo ed avvenne successivamente, allontanandosi da un punto che si deve considerare come un *polo* di questi movimenti.

Nel continente Euro-africano il più antico sollevamento incominciò nelle estreme regioni nordiche, e quindi apparvero le catene verso il Sud.

Dapprima le Alpi scandinave (tempi siluriani); poscia i monti della Brettagna, dei Vosgi e l'Ural; quindi le Alpi, i Pirenei, i Carpazi, il Caucaso e l'Himalaya nei tempi terziari e finalmente, in epoche più recenti, l'Atlante, l'Apennino, le isole dell'Arcipelago greco e le alture dell'Asia Minore.

Nell'America le montagne formano catene parallele all'asse di quel continente e le più antiche si trovano all'Est, le recenti all'Ovest.

Dapprima le Montagne Verdi; al tempo della formazione delle Alpi scandinave si sollevarono le Alapaches; sincroni ai monti della Brettagna emersero gli Alleghani; sincrone nella loro formazione con le Alpi furono le Rocciose e con gli Appennini le Cordigliere.

Queste ultime due catene più recenti, per certi fenomeni che presentano sono da alcuni considerate come ancora in fase di sollevamento.

LE TERRE EMERSE

I continenti, cioè la parte della terra che sovrasta al livello del mare, hanno un volume approssimativo di 81,600,000 chilometri cubi, e la loro superficie totale è di circa 135,000,000 di chilometri quadrati.

Già abbiamo notato le cause principali che fanno variare l'altezza del livello del mare. Fra queste la reazione centrifuga è la più importante e produce all'equatore un sollevamento di 11 chilometri. Questo spostamento di massa giova a mettere allo scoperto le terre polari ed il continente australe.

Montagne. — Un fatto fondamentale nelle altimetrie è la mancanza di simmetria. Le massime altezze non si trovano nelle parti centrali dei continenti, e le alte catene di montagne stanno più vicine al mare. Nell'America si osserva anche che corrispondono al mare più profondo.

La continuazione delle catene di montagne sotto il mare è oggi un fatto dimostrato, come le isole si collegano spesso al prolungamento di qualche sistema orografico.

Nelle catene si nota la crinale, o linea di displuvio, che separa le acque in due versanti. L'inclinazione dei fianchi è generalmente maggiore sul versante più vicino al mare.

La superficie delle montagne è continuamente modificata dall'azione demolitrice delle acque, il cui lavoro varia con la loro inclinazione, col clima, colla loro natura litologica.

Quanto alle cause del sollevamento delle montagne, si noti dapprima che sotto i grandi sollevamenti vi è una deficienza di densità. Questa legge, verificata col pendolo, si esprime elementarmente dicendo che i fondi marini pesano di più della terra che si trova sotto alle montagne.

La fig. 79 riassume i risultati delle ricerche dello Sterneck in una sezione che passa per Mantova e per Monaco di

Baviera. La linea orizzontale è il livello del mare prolungato; quella superiore è il profilo della strada; il contorno superiore indica, scrive lo Schiapparelli, in certa guisa quale sarebbe lungo tutto questo percorso la sezione della catena alpina quando fosse la sua superficie regolarizzata, quando cioè, decapitando le alte cime, se ne facesse servire la materia ad empire il vuoto delle valli sottostanti, in modo da ottenere per tutta la massa montagnosa una superficie unita e di regolare pendenza. Questa è la massa di cui per ogni stagione devesi valutare l'effetto, onde ottenere la gravità o il livello del mare, cioè quel valore della gravità che avrebbe luogo se, rase al suolo tutte le montagne, ed asportata lontano la loro materia, il pendolo si facesse oscillare nella stessa verticale, ma a livello del mare.

Nella parte inferiore del disegno in corrispondenza ai due profili sopra descritti è indicato, per mezzo di una striscia o zona di larghezza variabile, l'andamento dell'eccesso o del difetto di materia che in ciascun punto della strada percorsa il pendolo ha rivelato. La larghezza della striscia è in ogni punto proporzionale all'eccesso o al difetto in questione, ed in-

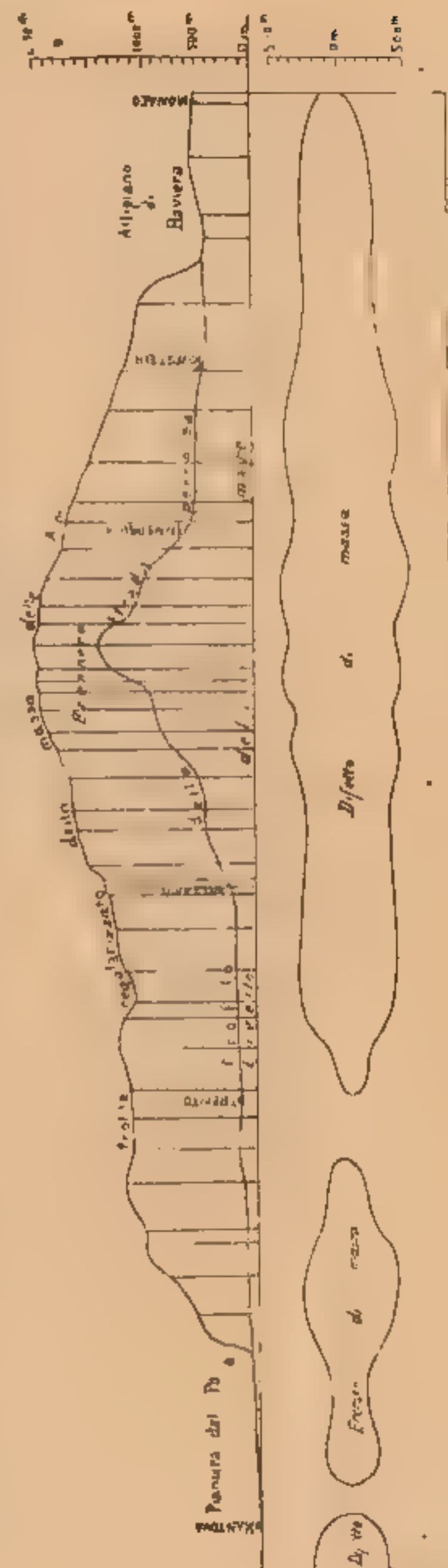



Fig. 79.

dica quale grossezza dovrebbe avere uno strato di granito della densità due volte e mezza quella delle acque collocato in quel luogo immediatamente sotto il livello del mare, perchè, aggiunto, compensasse con la sua massa il difetto, o, sottratto, l'eccesso rivelato dal pendolo ».

Da questi dati apparisce come nella configurazione attuale abbiano avuto influenza delle spinte verticali.

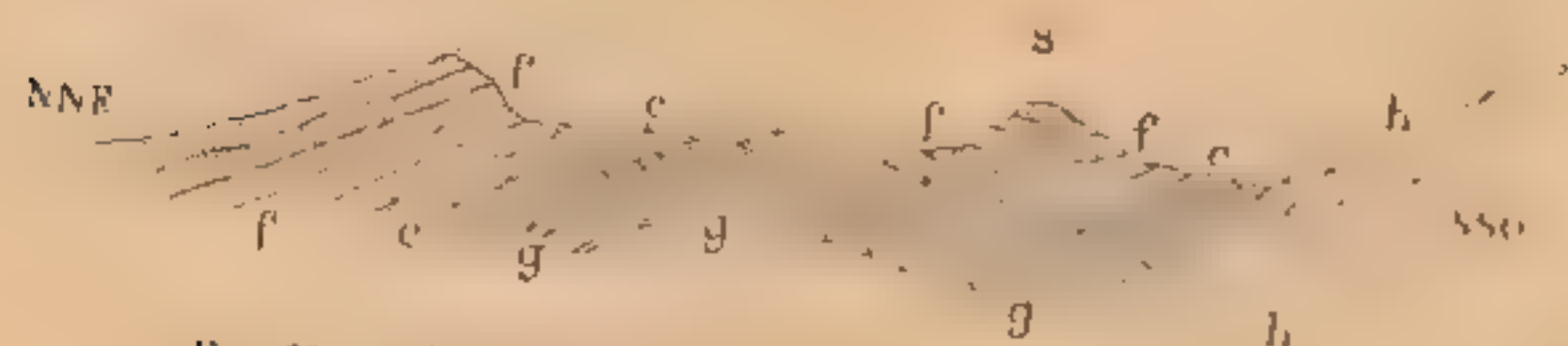



Fig. 80. Sinclinali ed anticlinali. S) Sinclinali; A) Anticlinali

Si originarono susseguentemente delle pressioni laterali, da cui ebbero causa le *pieghe* degli strati, cioè sollevamenti ed avvallamenti più o meno estesi, con formazione di spaccature nei tratti di maggiore incurvazione.

Si aprirono in tal guisa le *valli di frattura* primitive, modificate bentosto dal lavoro di erosione.

Fig. 81.

(esp.) Se si comprimono lateralmente degli strati paralleli flessibili, come per esempio delle stoffe o delle carte sottoposte ad un certo peso, si formano simili incurvature.

Le incurvature non si produssero simmetriche.

Il ripiegamento prodotto dalle pressioni laterali diede origine alle ***sinclinali*** ed alle ***anticlinali*** (fig. 80).

Le sinclinali sono sistemi di strati curvi concavi verso l'alto; le anticlinali invece hanno la concavità in basso. Le rotture degli strati, con formazione di valli, hanno naturalmente lor sede nelle anticlinali. La fig. 81 rappresenta una serie di fenomeni, come ripiegature di strati, spostamenti o faglie, ecc.

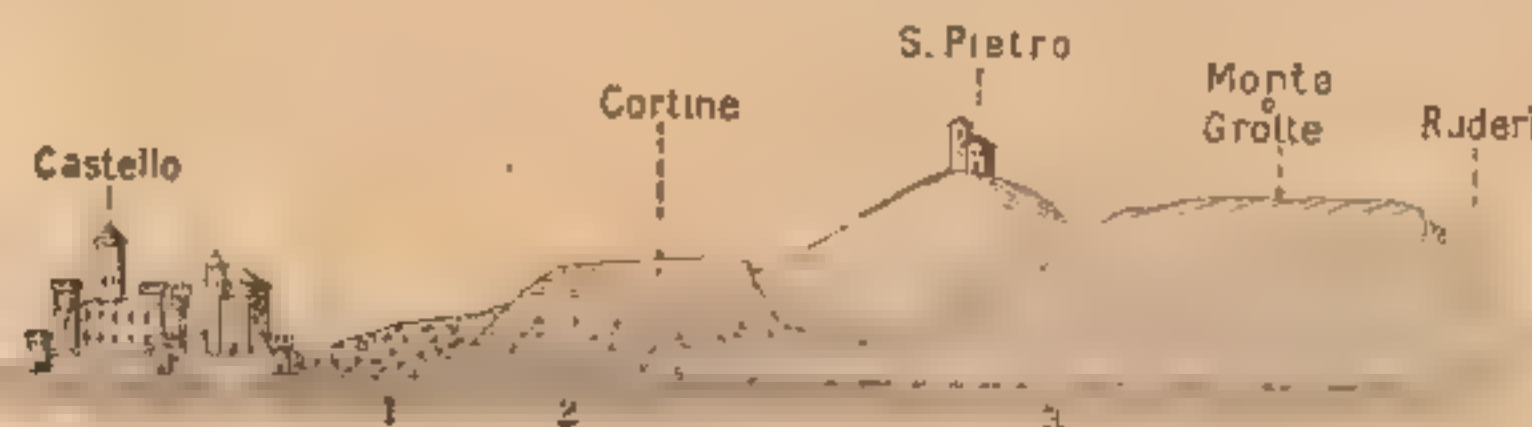



Fig. 82. Sermione. 1) Morene; 2) Alluvioni. 3) Calcare

Nella fig. 82 sono rappresentati strati concordanti e discordanti.

Valli. — Si dividono in valli longitudinali, parallele alle crinali e trasversali, aventi per fianchi dei contrafforti. Quanto all'origine, si dividono in

1° valli di *frattura*, prodotte dallo spezzarsi di strati in corrispondenza della curva massima anticlinale;

2° valli di *ripiegamento*, effetti di una semplice flessione;

3° valli di *erosione*, scavate od ingrandite dai fiumi.

Flora e fauna alpina. — La flora e la fauna delle montagne è in correlazione con le condizioni di clima.

Le piante delle grandi altezze sono i faggi, quindi le conifere. Cessano poscia gli alberi per dar luogo agli arboscelli, aventi una minore superficie alta. Fra le ultime piante legnose sono degni di nota i rododendri o rose delle Alpi.

Quindi v'ha la regione dei pascoli, dove vegetano solamente le erbe, e finalmente rimangono muschi e licheni, onde, ascendendo, si trova come scritta a rovescio l'evoluzione della vegetazione.

La flora alpina ha i caratteri biologici e morfologici di quella propria delle latitudini alte: piante piccole, abbon-

danza di strati difensivi, rapida fioritura con vivi colori e forti profumi.

Quanto alla fauna, si ricordano i carnivori, come l'orso, il lince, il lupo ormai distrutto sulle Alpi italiane, dove anche il lince è diventato rarissimo. Invece sono numerosi i carnivori vermiformi, fra cui notevole è l'ermellino. Il camoscio viene diventando raro, e già sarebbe scomparso lo stambecco se in qualche luogo non ne fosse stata proibita la caccia.

La marmotta vive alle altezze dei pascoli alpini; più basso sono abbastanza frequenti il ghiro e la lepre alpina *(Lepus variabilis)*.

Il fenomeno della variazione del colore del mantello (albinismo invernale) si verifica nell'ermellino, nella lepre e nella pernice di montagna. Altri animali alpini sono la salamandra nera, fra gli insetti la Rosalia alpina, ecc.

I due fattori biologici più importanti della montagna sono la minore pressione atmosferica, e quindi la minor quantità di ossigeno, ed il clima.

Non occorre aggiungere che i climi locali variano moltissimo sulle montagne per le condizioni orografiche.

In Europa difficilmente si trovano villaggi ad altezze superiori a 2000 m. (Saint-Veron e Soglio); invece in America esistono città elevatissime. Benchè qui non si tratti di geografia politica, ogni fenomeno umano è pure un fatto naturale che ha le sue cause e che subisce certe influenze.

Già abbiamo indicato come il sangue si modifichi nel numero delle emazie ad elevate altezze; ora sarà utile od almeno curioso il notare l'altitudine di alcuni centri americani:

Messico:

Santa Fè de Bogota	altezza	2290	m.
Quito	»	2560	»
Central City	»	2910	»
Crucio	»	3460	»
Miasi pampa	»	3470	»
La Paz	»	3620	»
Puño	»	3720	»
Tacora	»	4170	»
Potosi		4165	
Portugaleta		4290	
Cerro de Pasco		4350	

Vennero costrutte ferrovie all'altezza di 4460 metri (Arequipa-Puño), e vi è un *tunnel* a 4760 metri fra Callao e Oroyo.

Esistono miniere a grandi altezze a Chonta (4460 m.), a Huanvelim (4655 m.), a Villacota (5042 m.). Non solo la vita adunque, ma anche il lavoro industriale è compatibile con la grande rarefazione dell'aria.

Non possiamo omettere tuttavia le osservazioni del Jourdannet, per cui le grandi altezze avrebbero una influenza deprimente sull'uomo e vi sarebbe frequente l'anemia.

Alcuni pretendono di vedere un'influenza delle altitudini nella servitù dei tibetani ai cinesi, degli abissini ai gallas, nelle frequenti minaccie fatte al Messico dagli abitanti del piano e nella instabilità politica di certe repubbliche delle Ande.

Altopiani. — Gli altopiani molto estesi circondati da montagne sono detti *paesi tabulari;* se non sono circondati da monti *paesi a terrazzi.* Sono esempi i seguenti:

Paesi tabulari: Sahar, il paese fra la Senegambia ed il Sudan, il Kalahari;

Paesi a terrazzi: Castiglia, altipiani di Svezia, di Francia, e Turingia, Alto Palatinato, Scandinavia Orientale, Turkewa, Nord dei Pirenei.

Gli altipiani hanno generalmente maggiore *intensità* di popolazione. Quello del Tibet, con un'altezza media di 4500 m., è abitato da 5 o 6 milioni di uomini robusti; l'Afganistan e l'Iran hanno pure 4 o 5 milioni di abitanti.

L'Abissinia ha 3 milioni di abitanti a 3000 m.; il Messico ne ha 4 milioni.

Deserti.

Sotto il riguardo antropologico spesso dagli autori di geografia fisica e medica si riuniscono ai deserti anche le terre gelate del polo, su cui l'umanità si arresta circa al 70° di latitudine, oltrepassando questo limite solamente in qualche punto, come sulle spiaggie occidentali della Groenlandia, alla foce della Lena e nelle terre dei Samoiedi. Gli esquimesi nelle loro escursioni vanno all'82°.

Nell'America del Nord vi sono i campi di caccia del Far-West, con 50,000 abitanti di cui 4/5 sono indiani: la popolazione dell'Alaska diminuì dopo la presa di possesso dei russi.

Deserti sahariani. — Circondano 1/3 della terra sul 230° di latitudine nord. Il deserto africano ha per causa principale la secchezza dei venti alisei, per cui il Sudan, alle medesime condizioni di suolo, non è un deserto. L'acqua di pioggia delle montagne è assorbita e passa in depressioni sotterranee, formando qua e là luoghi umidi.

Vi sono nei deserti:

1° pianure brulle di vegetazione (Hammada);

2° i deserti di Hareg, dove vegetano gli *Spartium*, il *Caligonum comosum*, l'*Aristida pungens*;

3° gli *Oueds*, con boschetti di *Zizyphus* e di altre piante in cui prevale il tessuto legnoso. Vi si trovano pure graminacee e coloquintidi;

4° *Oasi*.

I deserti asiatici dipendono da cause svariate, così quello del Belucistan meridionale è circondato da montagne che impediscono la precipitazione atmosferica acquea. Nel deserto di Thurr invece vi sono tre mesi di pioggie.

Steppe. — Terreni sparsi di una vegetazione tisica che non riesce a coprirli. Noteremo in Europa:

1° il terreno fra le sorgenti del Tago e della Guadiana;

2° le *Lande*, fra il golfo di Guascogna, l'Adour e la Gironda, con abbondante vegetazione di *Callum* su un suolo rossastro;

3° le *Dune;*

4° le *Campine* del Belgio;

5° gli *Jernal* o *sabbie di ferro* dello Jutland;

6° i *Moor* di tufo impermeabile della regione britannica;

7° la *Poutza* magiara, antico bacino fluviale;

8° le *terre nere* (Tchornosjom) della Russia Meridionale, da Odessa a Kazan e da Kiew al Volga;

9° i deserti di Finlandia;

10° le terre che circondano il mar Caspio e danno passo al deserto asiatico.

Le Steppe propriamente dette vanno dal Volga all'Altai; a tratti albeggiano di efflorescenze saline e sono coperte di erbe e di piante grasse con un'atmosfera secca.

Savane, praterie, llanos, pampas e *deserti* americani si estendono nella direzione N. S. lungo tutto il continente americano.

Vi sono fiumi importanti, come il Colorado; ma essendo incassati talora a 600 metri non possono molto beneficare la terra vegetale.

Il vento del Pacifico liquefa i suoi vapori sulla Sierra Nevada e sulle Rocky-Mountains; i venti dell'est danno gli stessi effetti negli Allegani.

Nei veri deserti americani il terreno è spesso salato come nel Far-West che in certi luoghi è a 70 metri sotto il livello del mare.

Nel deserto americano, come in quelli africani, vi sono tre stagioni: un estate caldissimo, un inverno relativamente freddo e lungo ed un brevissimo periodo di pioggie. Dal novembre al marzo il Missouri è quasi gelato.

Ancora un accenno merita la vegetazione.

Abbiamo già notato come, contrariamente ad un'idea molto diffusa ed erroneamente insegnata anche in molti trattati di geografia elementare, il deserto non sia letteralmente privo di ogni vegetazione, ma vi esista invece una flora speciale che si è adattata alle speciali condizioni telluriche (suolo sabbioso) e climatiche (pioggie rarissime, sebbene talora siano abbondanti).

Vi sono anche, oltre i generi e le specie, delle famiglie esclusivamente appartenenti alla flora del deserto.

Nei deserti ed anche nelle semplici regioni sabbiose dell'Africa si trova la *Welwitschia mirabilis*, pianta appartenente alle gnetacee (fig. 83) e munita solamente di due foglie allungate, opposte e divise all'estremità in lacinie.

Fig. 83. Welwitschia.

Queste foglie sono aderenti al suolo e fra di esse si trova l'infiorescenza.

Nelle regioni secche americane dominano le piante grasse appartenenti alla famiglia delle *cactee*. Come si sa in queste piante l'adattamento ha raggiunto un grado eminente, e le foglie sono ridotte a pungiglioni o talora anche solamente a gruppi di peli acutissimi. Il fusto invece è diventato una riserva di acqua, con un parenchima carnoso. Le cactee che conservano ancora un'apparenza di foglie nei cosidetti *fichi d'India*, sono ridotte a semplici fusti, talora pelosissimi, nei *cerei* (fig. 84).

Dal fusto principale avviene che si stacchino dei rami che, dopo breve curva, diventano a quello paralleli. Altre piante della medesima famiglia, come i melocacti, le mammillarie, gli echinocacti, sono delle masse globose, talvolta di diametro considerevole.

Fig. 84. Cerei e melocacto.

Le agavi (fig. 85) sono proprie delle praterie meridionali nelle parti più secche.

Le loro foglie hanno il massimo della consistenza legnosa che forse si trovi in questi organi, quando non sono trasformati in brattee. Si sa come rara ne sia la fioritura, e generalmente ne segna la morte della pianta. Piante dalle potentissime difese, le agavi invasero presto tutto il bacino del Mediterraneo.

Dalla gemma recisa si raccoglie un sugo dolcigno e fermentescibile che serve a preparare la bibita vinosa detta *pulque* dai Messicani.

Le praterie sono principalmente fatte di graminacee e spesso l'erba vi è più alta dell'uomo.

Vi abbonda, dalle sorgenti del Missouri al Messico, il *Buffalo-grass*, preferito dai bufali. Appartiene pure alla flora delle praterie il *Ginerium*, oggi coltivato in Europa per le abbondanti spighe piumose che si conservano anche seccate e vengono tinte per ornamento.

Fig. 85. Agave, pianta dei luoghi sabbiosi dell'America — *A.*

Le steppe della Colombia sono campo di speciali *tempeste di sabbia*, quando, dopo una rapida ed intensa vegetazione, il soverchio calore dissecca il suolo.

I *llanos* del Venezuela, fra le Ande della Nuova Granata e l'Atlantico, sono similmente secchi per buona parte dell'anno. La natura del suolo e la profondità dei fiumi impediscono lo sviluppo di piante arboree.

La *pampa* si estende dal Brasile alla Patagonia.

Un terzo circa dell'Australia è un deserto.

Le regioni sinora notate occupano circa $^1/_5$ della superficie del globo e sono abitate appena da $^1/_{100}$ della popolazione totale del globo.

(*etn.*). Le popolazioni dei deserti sono nomadi e cacciatrici, tendenti alle rapine, restie alla civiltà. È ben noto il tipo del beduino che vive in continua peregrinazione. L'abitante della steppa ha qualche analogia di costumi con esso, vivendo sotto tende mobili su carri.

AZIONE DELL'ACQUA

Grandine.

Sebbene talora i chicchi di ghiaccio cadano con volume notevole, le grandinate non si possono collocare fra gli agenti modificatori della superficie terrestre. Così un fenomeno che è dei più disastrosi per la coltivazione non ha peso nell'economia della natura.

Pur mancando di una teoria precisa sull'origine della grandine (1) la scienza tentò tuttavia qualche mezzo per impedire tale rovina.

Nel secolo passato si ebbe grande fiducia nei *paragrandine*, che in definitiva erano dei parafulmini, ridotti talora a semplici aste munite di un conduttore di corda di paglia.

Attualmente si riprende la campagna contro la grandine mediante potentissimi cannoni a gas acetilene (fig. 86), invenzione italiana di Maggiora e Graziani di Padova. Oltre all'enorme vantaggio della sicurezza, giacchè il miscuglio detonante viene preparato solamente prima dello sparo, le esperienze dimostrarono che l'effetto dei cannoni di questo sistema si manifesta ad altezze superiori a quelle ottenute con i comuni cannoni a polvere. Ai cannoni paragrandine si dà la forma evasata onde produrre un anello turbinoso o come si dice un *proiettile gassoso*.

(1) Le esperienze di *grandine artificiale* non diedero sinora buoni risultati. Il *Luvini* propose l'ipotesi che la grandine fosse effetto di uno stato sferoidale prodotto dall'elettricità onde il raffreddamento era causato da una vera evaporazione nell'aria rarefatta; ma questa ipotesi venne combattuta da tutti i meteorologisti.

Ora le esperienze di grandine artificiale recentissime di Kerenschener danno precisamente uno stato sferoidale.

Tormenta.

Il nevischio trasportato dal vento impetuoso può nutrire i ghiacciai (Sella). Inoltre le tormente possono trasportare anche

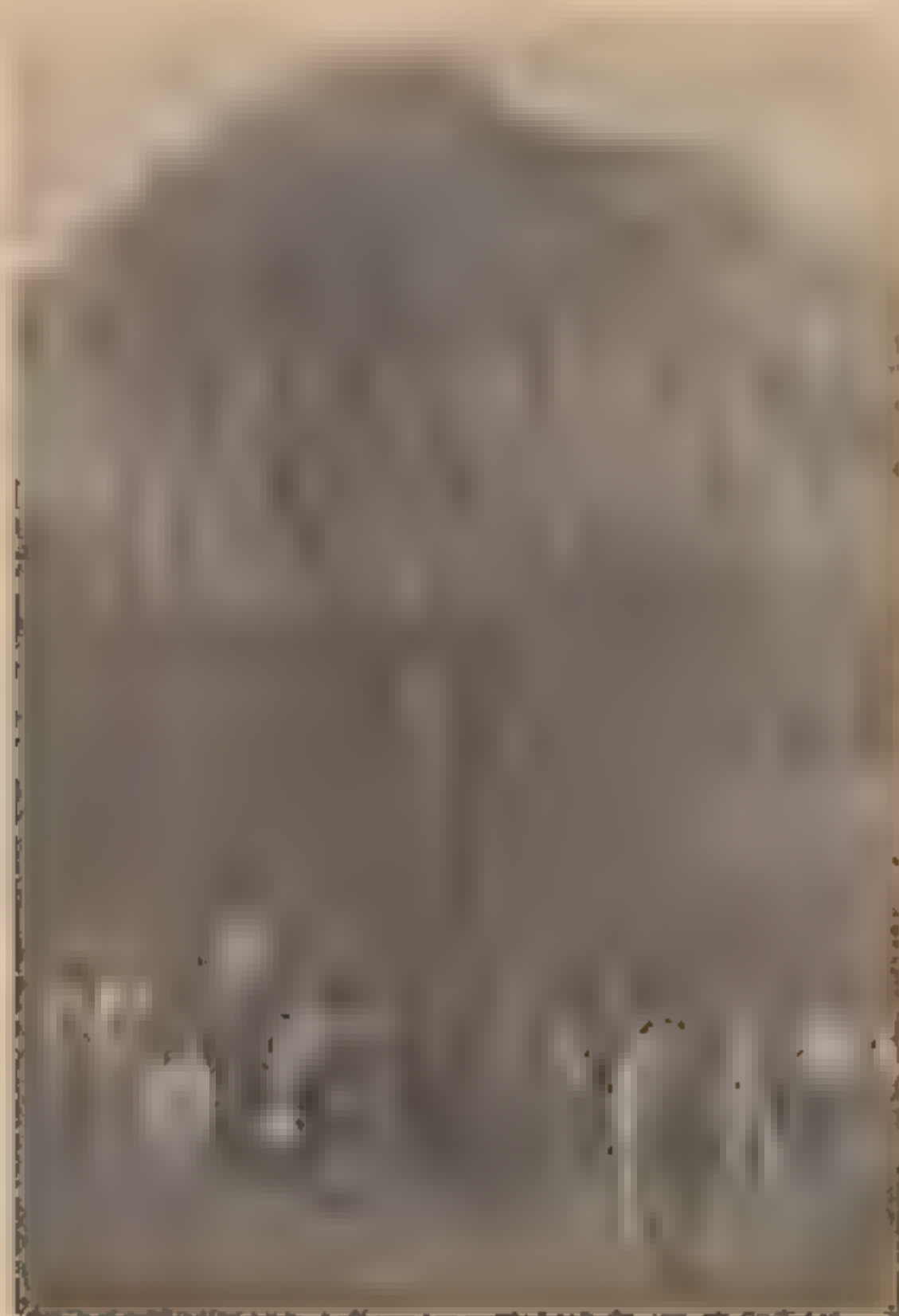



Fig. 86. Cannone paragrandine a miscuglio detonante.

delle polveri. Secondo Davison avrebbero così cooperato alla formazione del *loess* (1) della Mongolia.

(1) Vedi Azione dell'aria.

Valanghe.

Le valanghe sono delle frane di neve e contro di esse non v' ha altra preservazione fuori del rimboschimento dei monti.

Si dividono in valanghe d' inverno e di primavera.

Le valanghe d' inverno sono fatte di neve granulata dalla parziale fusione e dal ricongelamento. Si narrano casi di siffatto fenomeno, detto dai tedeschi *staublawinen*, in cui persone seppellite poterono campare per parecchi giorni mercè la porosità della neve che lascia diffondere l'aria e produce uno strato cattivo conduttore del calore. Interi villaggi vennero rovinati da grandi valanghe, come Randa nel Vallese (1819). La causa delle valanghe sta nel peso della neve e nell' inclinazione, che ne facilita la discesa.

Sulle alpi francesi certi luoghi pericolosi d' inverno sono detti *couloirs d'avalanche*. Si vuole che la valanga si possa staccare anche per un semplice suono; perciò usavasi anticamente, ai passi alpini più soggetti al disastro, di staccare i campanelli ai cavalli, e sui Pirenei vi è qualche valico dove la tradizione proibisce di parlare.

La quantità di neve che annualmente cade sui monti spiega il facile scorrimento in basso. Sul Grimsel fiocca per 18 m.: al San Bernardo talora cadono 12 m. di neve. Si calcola che ogni anno ne rovinino dal Gottardo 385 milioni di m^3.

Le valanghe di primavera sono compatte. L'acqua di fusione forma sotto la neve uno strato pastoso su cui slitta la neve superiore con movimento accelerato e così vengono travolti alberi e case: un vento impetuosissimo precede la valanga come si verifica anche nelle grandi frane.

Ghiacciai.

(fis.) Il ghiaccio, per un'eccezione fisica quasi unica, è più leggero dell'acqua.

Due proprietà sue importantissime, che spiegano i fenomeni dei ghiacciai sono:

1° la *plasticità* che acquista sotto la pressione, diventando come una massa pastosa;

2° il *ricongelo* per cui due pezzi di ghiaccio che si tocchino si riuniscono.

(esp.) Tyndall dimostrò la plasticità del ghiaccio, ottenendone mediante stampi degli oggetti modellati ed anche delle medaglie.

Quanto al ricongelamento si ricorda la facile esperienza (fig. 87) in cui ad un masso di ghiaccio sostenuto da due punti si avvolge un sottile filo metallico a cui si attaccano due masse sufficienti. Il filo taglia il ghiaccio e dopo un certo tempo i pesi ed il filo unito cadono; ma il ghiaccio rimane una massa unica essendosi man mano riunito dopo il passaggio del filo.

Fig. 87. Ricongelazione del ghiaccio.

Origine dei ghiacciai. — Diminuendo, com'è noto, la temperatura con le altezze, ad un certo punto la neve che cade non si fonde neppure nell'estate. È questo il limite delle nevi completamente persistenti, limite che varia secondo le latitudini ed anche secondo le vicissitudini meteorologiche delle annate e le condizioni del clima.

Sul versante italiano alpino è uso dire che il limite delle nevi sia a 2700 m. d'altezza.

Tutta la neve che cade ad altezze superiori a questo limite darà origine ai ghiacciai modificandosi nel modo che diremo.

Dapprima è naturale attendersi che le nevi delle alte cime, dove le pendenze sono notevoli, facilmente sdrucciolino in basso in forma di valanghe e si raccolgano nella parte incastrata delle valli. Alla neve discendente si aggiunge quella che cade dal cielo e quella che viene portata (A. Sella) sulla superficie stessa della massa dalle *tormente*, cioè bufere che sollevano il nevischio.

Per queste cause vi è una continua accumulazione di neve e la massa crescente dà origine al fenomeno della discesa del ghiaccio.

Trattandosi di una grande massa la fusione avviene a poco a poco ed il ghiacciaio discende molto più basso del limite delle nevi perpetue, così che può avere i fianchi coperti di vegetazione (fig. 88).

Tutta la fenomenologia dei ghiacciai è collegata alle variazioni della quantità di neve persistente.

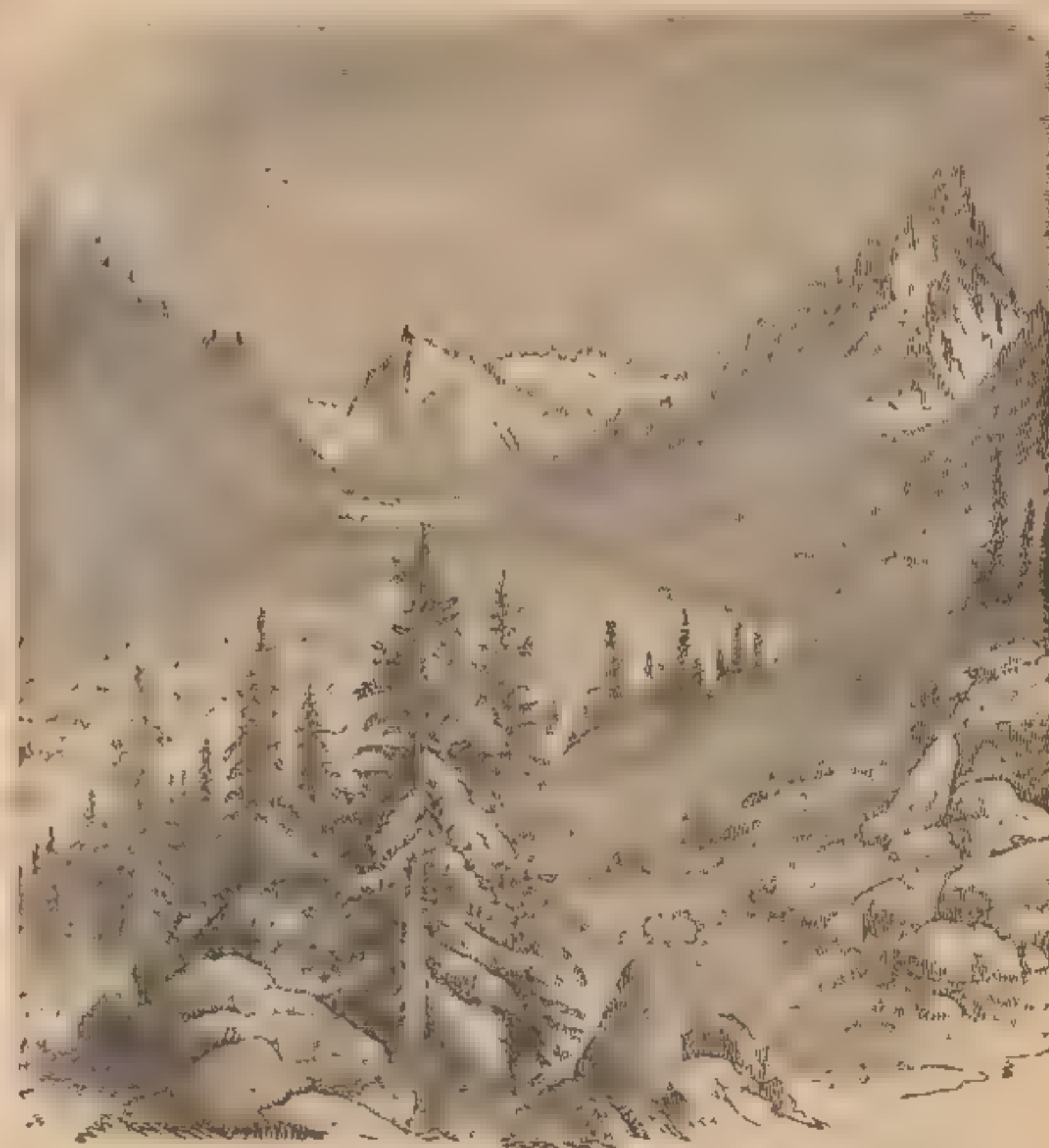



Fig. 88. Discesa del ghiaccio sotto il limite delle nevi perpetue.

Importanza dei ghiacciai. — Per quanto sia elementare la nozione, sta che i ghiacciai sono le benefiche riserve di acqua

utile all'irrigazione ed alla produzione di forza meccanica. Nelle annate a temperatura estiva più alta i ghiacciai dànno per fusione una maggiore quantità di acqua, funzionando così in parte come compensatori. Una parte poi dell'acqua di fusione del ghiaccio, penetra nel terreno e può dar origine a sorgenti, più o meno lontane, di acqua potabile a bassa temperatura.

Il ghiaccio dei ghiacciai. — Nella parte alta la neve rimane perennemente allo stato granulare ed il vero ghiaccio non si

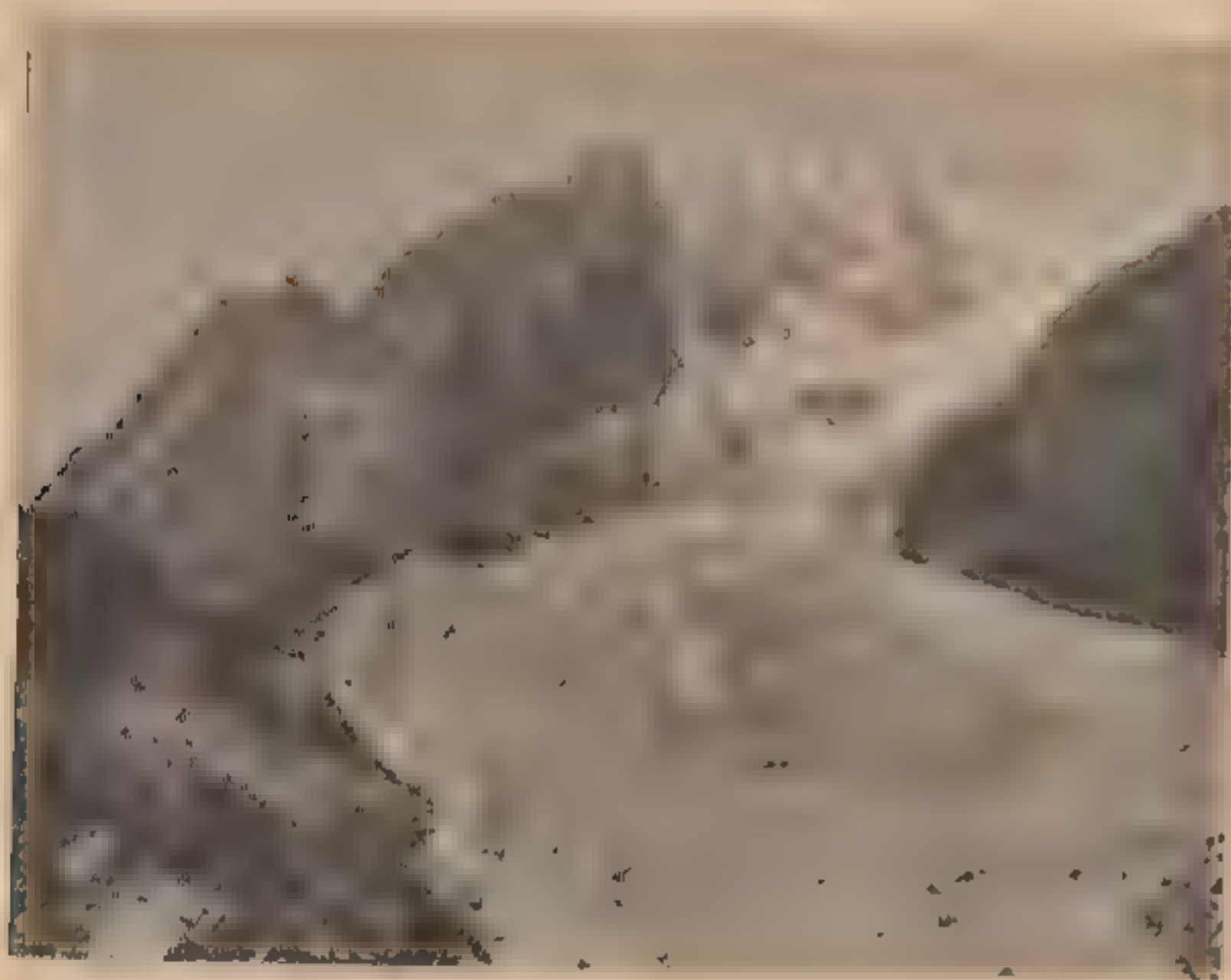



Fig. 89. Ghiacciaio della Brenva (Monte Bianco).

trova che sotto questo strato e nella parte del ghiacciaio che è più bassa del livello delle nevi persistenti (fig. 89).

Il cambiamento infatti della neve in ghiaccio si compie specialmente per effetto della pressione. Si aggiunge il ricongelarsi dell'acqua di fusione ottenuta dall'irradiazione.

La superficie superiore del ghiacciaio trattiene una polvere speciale che qua e là, dove sia più abbondante, l'abbrunisce.

È fatta di polvere cosmica ed eolica, nonchè da particelle delle roccie che formano la valle. Vi si possono trovare anche dei vegetali infimi *(Uredo nivalis)* ed un insetto tisanuro *(Desoria glacialis*.

Dalla neve al ghiaccio compatto vi sono striscie bollose, bianchiccie.

Ad alcuni alpinisti ed anche a dei geologi parve di osservare alla superficie dei ghiacciai una certa *fosforescenza*. Il Desor nel 1884 pretese anche di aver potuto veder l'ora sull'orologio da tasca in una notte tenebrosa alla luminosità di un ghiacciaio.

Il Mercantor di Losanna cercò se esistesse nel ghiaccio una fosforescenza nell'atto della cristallizzazione, come avviene per alcune sostanze, nel qual caso era spiegato il fenomeno essendovi alla superficie dei ghiacciai una continua vicenda di parziale fusione e di susseguente formazione di cristalli

Le esperienze dimostrarono che il congelarsi dell'acqua non è accompagnato da sviluppo di luce visibile. Il ghiaccio formato, dopo l'esposizione alla luce emana realmente un po' di fosforescenza, ma per osservarla occorre il *fosforoscopio*, strumento descritto nei libri di fisica.

Si propende a supporre che la fosforescenza dei ghiacciai sia effetto di illusione.

Movimento dei ghiacciai. — La massa del ghiacciaio discende con varia velocità sul piano inclinato dei versanti. La causa fondamentale della discesa è la gravità che agisce come componente: ma la velocità varia per molte circostanze che modificano la pastosità del ghiaccio, la spinta che riceve dall'alto, ecc.

È bene dimostrata la lenta discesa dei ghiacciai dal trasporto delle pietre che contengono, o da speciali biffe impiantate sul ghiaccio e in rapporto con altre fisse sulle sponde.

Parecchie volte degli oggetti perduti sul ghiacciaio vennero dopo molti anni trovati più basso.

Negata dapprima, la discesa è oggi riconosciuta come il fatto principale dei ghiacciai che sono considerati a buona ragione come delle lente fiumane di ghiaccio.

La velocità con cui volgono a valle è tanto variabile da ghiacciaio a ghiacciaio che non si può stabilire una media. Basti il dire che in certi casi è di pochi decimetri all'anno, mentre certi osservatori verificarono delle discese di diecine di metri al giorno. Una delle massime verificate fu di quasi 70 metri al giorno.

Come nei fiumi, vi è un filone centrale più celere.

Si formano anche delle vere *cascate* di ghiaccio.

Crepacci. — La formazione di un crepaccio è annunziata spesso da una detonazione. Se ne formano facilmente dove il peso agisce con una maggiore componente, e quindi nei luoghi in cui varia rapidamente l'inclinazione. Ivi il ghiaccio vinta la sua coesione si spezza talora in vere cascate, ed i pezzi separati poi si riuniscono irregolarmente come in rovine di costruzioni. Gli alpinisti francesi diedero a questa disposizione il nome di *séracs*.

Altre fessure longitudinali si formano per l'allargarsi della parte superiore del ghiacciaio. Ai fianchi di questo, le roccie che si riscaldano di più fanno fondere il ghiaccio per contatto dapprima e quindi per irradiazione. Si scava così un vuoto che è causa di crepacci longitudinali. Quindi i crepacci, discendendo, scompaiono per ricongelazione.

I crepacci si possono anche formare in diverse direzioni che si tagliano, ed allora la fusione superiore del ghiaccio dà origine talora a spettacolose cuspidi (fig. 90).

Ablazione. — Un antico proverbio degli alpigiani afferma che i ghiacciai restituiscono gli oggetti che sono loro consegnati. Ciò per l'osservazione di oggetti caduti entro crepacci, che vennero trovati alla superficie dopo un certo tempo e molto più in basso.

Il *folklore* creò anche leggende e canzoni a questo riguardo.

Vero è che nella parte inferiore dei ghiacciai sorgono le pietre che vennero, per così dire, inghiottite in alto, per il fatto che lo spessore del ghiaccio diminuisce progressivamente.

L'ablazione si può così paragonare ad una piallatura eseguita sempre più obliquamente: essenzialmente dipende dalla fusione del ghiaccio che si compie dall'alto al basso.

Fig. 90. Cuspidi nel ghiacciaio di Chamounix (da una fotografia).

Il calore da cui è prodotta l'ablazione ha per causa principale la temperatura crescente dell'aria nelle regioni basse, ma altre sorgenti di calore sono:

1° la radiazione diretta del sole e l'assorbimento termico per parte del ghiaccio;

Fig. 91. Ghiacciaio con tavole e morena centrale (1) prodotta dall'unione di due morene laterali.

2° le calorie messe in libertà dalla condensazione del vapore sulla superficie del ghiacciaio.

(1) Il [illegible] la velocità [illegible]

3° la pioggia che è sempre a temperatura > 0°, salvo il caso raro del *verglas*.

Non parleremo del calore proprio della terra, la cui azione è del tutto trascurabile.

Superficie del ghiacciaio. — In certi casi il ghiaccio che discende, trovando valli strette, sporge dalle due creste con dei sottosquadri e forma le cosidette *cornici*.

Fig. 92. Bocca del ghiacciaio di Valelle presso Cogne.

Il pietrame che dai fianchi cade nel ghiacciaio assorbe meglio del ghiaccio il calore radiante e quindi lo fonde attorno. Se sono piccole pietre si scavano così un pozzetto, simile a quelli che si formano nel ghiaccio attorno a dei granelli di sale che vi siano sparsi. Così a poco a poco le pietre penetrano nella massa e sono trascinate dalla sua discesa.

Per i pezzi più grossi, per i lastroni, che a pari volume presentano minor superficie relativa di assorbimento, la cosa

avviene in modo affatto diverso, e riparano invece il ghiaccio che sta sotto. Col tempo l'ablazione si fa intorno ed il masso rimane sostenuto da una specie di peduncolo di ghiaccio, con apparenze di *tavola* o di *fungo* (fig. 91). Ben si comprende che più in basso si fonde anche il sostegno di ghiaccio.

Acqua di fusione. — L'acqua di fusione discende in parte sulla superficie del ghiacciaio, che in qualche caso è vera-

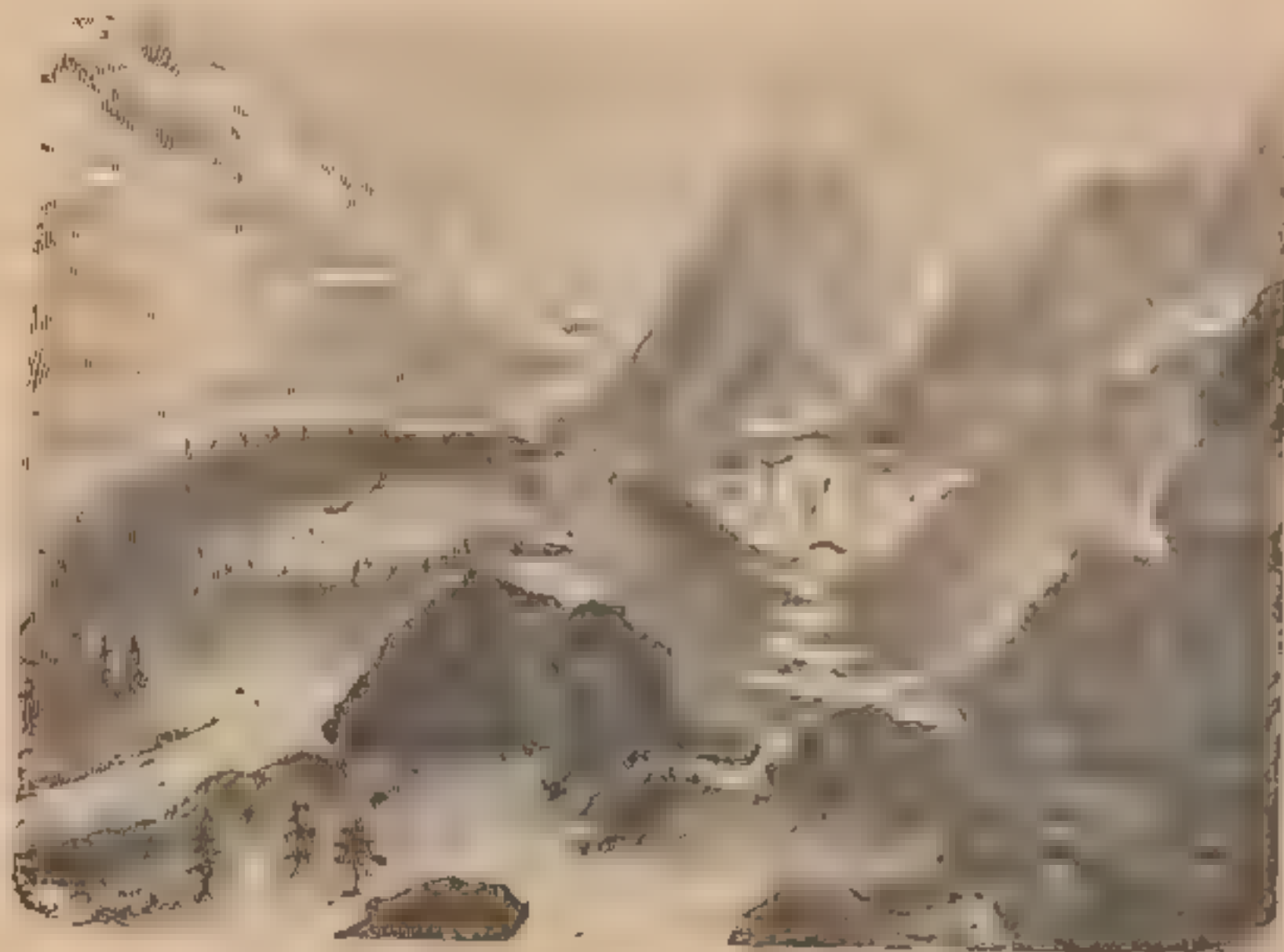



Fig. 93. Ghiacciaio di Macugnaga.

mente coperto da un velo liquido. Un'altra parte penetra nel ghiaccio per le piccole fessure o cade nei crepacci.

Alla fine del ghiacciaio (fig. 92) l'acqua tutta di fusione sgorga in rigagnoli che si riuniscono in un torrente. Talvolta esce dal basso una massa maggiore d'acqua e scava una specie di porta (fig. 93), che può essere lontanamente ogivale, onde più d'una volta, gli scrittori descrissero delle cattedrali di ghiaccio.

L'acqua esce generalmente fangosa.

La fronte dei ghiacciai va soggetta a periodi di avanzamento e di regresso, dipendenti dalle diverse quantità di neve caduta.

Movimenti dei ghiacciai. I geologi svizzeri e specialmente il Forel si occuparono di questo fenomeno. Come per altri feno-

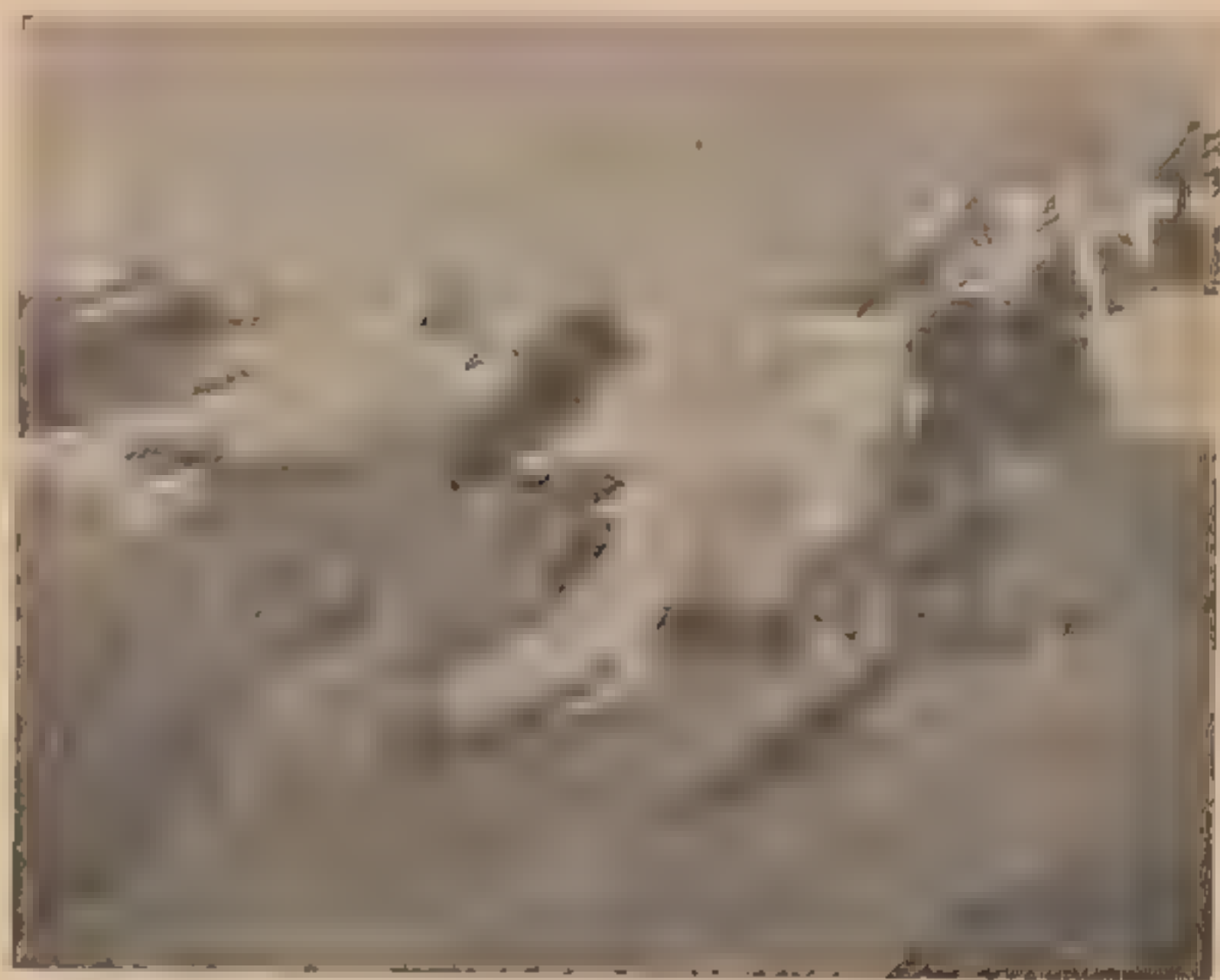



Fig. 94. Ghiacciaio di Money presso Cogne.

meni meteorologici e climatici pare che esista una periodicità nell'estensione dei ghiacciai. È ben naturale d'altronde che ad annate di più abbondante neve corrisponda un maggior percorso del ghiaccio dopo di aver oltrepassato il limite delle nevi perpetue.

Un paragone veramente geniale venne posto dal Porro fra i ghiacciai e il termometro, che tanto è più sensibile quanto maggiore è il rapporto fra la capacità della bolla ed il diametro del tubo.

Morene. — Il materiale solido, il rottame che cade sul ghiaccio ed è in parte da esso assorbito e trascinato, forma, arrestandosi dove questo vien meno, dei mucchi detti morene.

Nella discesa, per reciproco attrito, le schegge si corrodono e si acciottolano. Spesso i ciottoli dei ghiacciai sono *striati* per l'azione reciproca.

Fig. 95. Lago morenico presso Ivrea.

Si distinguono morene laterali (fig. 94) e morene terminali o frontali.

Laghi morenici. — Antiche morene hanno in qualche caso dato origine a dei laghi (fig. 95); ma anche per i ghiacciai attuali si formano talora raccolte d'acqua fra la morena frontale e il limite del ghiacciaio che si è ritirato.

La pressione del liquido più d'una volta ha rotto l'argine naturale delle morene ed in tal modo si originarono vere catastrofi discendendo per la valle un'immensa massa d'acqua.

Non c'è quasi valle alpina in cui non si ricordi qualcuno di questi disastri.

Lavoro dei ghiacciai. — Il lavoro dei ghiacciai consiste nella trasformazione del fondo della valle.

Dove il ghiacciaio è scomparso si osservano le cosidette colline a *montori*, cioè con curve quasi regolari per l'opera livellatrice del ghiacciaio.

(iq.) **L'aria dei ghiacciai.** — L'aria è generalmente secca, quindi il calore raggiante manifesta tutta la sua azione sulla pelle producendo talvolta effetti di orticaria alla faccia ed alle mani.

La luce riflessa dalla neve è causa di oftalmia, onde si consigliano gli occhiali affumicati.

Fiords. — Sono frastagliature delle spiaggie, ben visibili anche sulle comuni carte geografiche della Scandinavia dal promontorio di Lindenness al capo Nord. Si formano così come tante piccole penisole separate da golfi talora profondamente incise, e la spiaggia che sarebbe solamente lunga 1900 chilometri, si sviluppa realmente in 13,000 chilometri. Talvolta sono incastrati fra montagne tagliate a picco. Celebre è il *fiord* di Thorsnuten che a quattro chilometri dal mare è alto 1600 m. Spesso vi sono anche grandi cascate d'acqua che vengono direttamente nel mare (1).

La loro origine si spiega coi ghiacciai che coprivano quei luoghi.

Spesso ancora oggi un ghiacciaio viene direttamente a finire nel seno del *fiord*.

Nella loro formazione le morene terminali si deponevano sul fondo del mare; oggi, che il ghiacciaio si è ritirato, rimangono questi sollevamenti sottomarini, così che all'entrata dei *fiords* vi sono dei bassi fondi, detti dai marinai della Norvegia *ponti del mare*.

(1) Victor Hugo nei *Travailleurs de la Mer* descrive lo spaventoso Lysenfiord incastrato fra altre montagne che vietano l'arrivo dei raggi diretti del sole e penetrante nella terra per 43 chilometri.

Simili bassi fondi si trovano con lo scandaglio anche nei *fiords* della Scozia occidentale, all'entrata dei piccoli golfi di Finisterre, in Groenlandia, ecc.

Ghiacciai morti. — Nelle regioni fredde si verificò anche che la parte inferiore di antichi ghiacciai venisse coperta da se-

Fig. 96. Icebergs in grossi massi e tavolari.

dimenti acquei o meteorici, mentre il rimanente scompariva o come si dice, il ghiacciaio *si ritirava*.

Rimangono quindi tratti di terra che ricoprono ammassi di ghiaccio non ancora fusi, con superficie notevolmente corrugata, avvallati e mediocremente stabili.

Sulle terre vicine al polo i ghiacciai sono riuniti e le coprono di una vera calotta di ghiaccio (*inlandsis*) che nasconde le accidentalità del terreno.

Il ghiaccio discende continuamente in correnti larghe otto o dieci chilometri, secondo le massime pendenze, con una velo-

cità maggiore di quelle dei comuni ghiacciai delle nostre latitudini. Dal ghiaccio giunto in basso si staccano delle masse talora enormi, ed in questo caso si osserva spesso nel rimanente del ghiacciato un regresso. Questo fenomeno detto *velage*, dà origine ai ghiacci galleggianti od *icebergs* (fig. 96), che vengono trascinati dalla corrente e dal vento.

Fig. 97. Piccoli icebergs.

La fusione del ghiaccio immerso, anche in acqua salata che si trovi a — 0°, si compie molto più rapidamente di quello che è a contatto dell'aria, onde i ghiacci galleggianti diminuiscono di altezza e si spaccano anche in piccoli isolotti ed in frammenti (fig. 97).

Ghiacciai antichi. — Antichi ghiacciai ora scomparsi, lasciarono traccie di loro esistenza:

1° nelle roccie *moutonnées*;

2° nelle *morene* o *serre*;

3° nei *massi erratici* (fig. 98), deposti quando il ghiaccio scomparve, nel mezzo delle valli.

Epoche glaciali.

In molte regioni oggi aventi clima temperato o caldo trovansi traccie indiscutibili di antichi ghiacciai.

Tali sono le *morene* ridotte a colline e ricoperte ora di vegetazione ed i *massi erratici*.

I massi erratici sono pietre angolose, talora colossali che si trovano sparse nella pianura. L'agricoltura ne distrusse un gran numero nelle pianure del bacino del Po: rimangono

Fig. 98. Masso erratico

quelle di grande mole, di cui alcune simili a collinette. Tale è il *rocco di Pianezza*, sul quale venne anche eretta una piccola cappella.

Questi massi sono generalmente di granito, di gneiss, o di porfido: ben di rado la loro natura è calcarea.

Unico mezzo di trasporto poteva essere il ghiaccio: onde i massi erratici dimostrano che

1° Un ghiacciaio discendeva sino oltre quel punto con uno spessore sufficiente per sorreggere il masso;

2° il ghiaccio si fuse ed il masso venne deposto.

Naturalmente nel caso dei massi erratici si troveranno:

1° morene antiche terminali a valle;

2° morene antiche terminali a monte;

3° spesso *ghiacciai* attuali nell'alta valle.

La disposizione di questi massi evita che si possano confondere coi *dolmen*.

Così in Europa tutta l'alta valle del Po era un ghiacciaio.

L'epoca glaciale avvenne, secondo alcuni 225 mila, secondo altri 350 mila anni prima dell'èra nostra. Similmente sono disparate le opinioni sulla sua durata, variando da un *minimum* di 150 ad un massimo di 2000 secoli.

L'uomo già esisteva prima di questo fenomeno.

Gli europei settentrionali erano forse ancora all'uso della pietra quando l'Egitto già aveva una civiltà (1).

Si hanno fatti analoghi sino nell'America meridionale e nella Nuova Zelanda. Le spiegazioni proposte di questo rapido raffreddamento sono varie; le une *astronomiche*, le altre *geologiche* :

1° Modificazione dell'eccentricità dell'eclittica, per cui la terra si sarebbe allontanata dal sole.

2° Spostamento dei poli della terra.

3° Modificazioni delle correnti marine.

4° Attenuazione del vulcanismo che prima era intensissimo; e quindi l' H^2O dell'atmosfera più abbondante.

5° Azione dell'acqua evaporata dal mare che copriva il Sahara.

6° La scomparsa dell'Atlantide, cioè di una catena di isole esistenti fra l'Europa e le Antille, per cui si formò la corrente del golfo.

Azione delle acque marine.

Le onde marine trascinando i ciottoli della riva a poco a poco la vengono distruggendo (fig. 99). Gli effetti sono differenti secondo la natura delle roccie su cui agiscono e la dire-

(1) Siamo al principio dell'epoca quaternaria ed esisteva pure il mammut ed il rinoceronte ticorino.

Il periodo glaciale fu causa di ritardo all'evoluzione storica dell'uomo europeo.

zione dell' impulso, data la conformazione delle spiaggie. In certi casi si formeranno dei piani quasi orizzontali o terrazzi marini: in altri la roccia della costiera sarà ridotta in cuspidi, in massi separati, oppure scavata in caverne, naturalmente destinate a scomparire per l'inevitabile caduta della massa sovrastante.

Fig. 99. Erosione del mare.

Così all'azione demolitrice verticale delle acque di precipitazione si aggiunge quella delle acque marine che corrodono i continenti.

I ciottoli marini hanno forma discoidale od allungata.

Le acque di pioggia.

La liquefazione del vapore, dà, come già si disse, origine ad acqua liquida in minime goccioline, che per effetto della resistenza dell'aria discendono lentamente e possono anche essere sollevate dalle correnti. Queste goccioline possono evaporare per effetto del calore o di correnti secche; altrimenti si riuniscono, aumentano di volume, e sono causa della piog-

gia (1), modificatrice del clima e potente fattore della vegetazione, specialmente per le parti verdi delle piante.

Secondo la scuola del fisico Aitken il raffreddamento non sarebbe la sola causa della liquefazione, ma vi coopererebbe la polvere dell'aria.

(*esp.*). Le esperienze su cui si fonda questo fisico e meteologo scozzese dimostrano infatti che il vapore introdotto in un recipiente in cui vi sia dell'aria perfettamente pura di polvere non produce nube. Perciò basta fare il vuoto in un grosso pallone di vetro, riempirlo di aria filtrata attraverso ad un batuffolo di bambagia, e quindi farvi entrare con un tubo sottile del vapore ottenuto dall'ebollizione in un altro recipiente. Se invece si ripete l'esperienza con un pallone pieno di aria comune, il vapore produce subito una nube.

Fig. 100. Pluviometro (2)

La quantità dell'acqua di pioggia per una data superficie viene misurata coi *pluviometri* (fig. 100), recipienti di apertura conosciuta in cui l'acqua viene sottratta all'evaporazione.

Dalton calcola che la quantità totale dell'acqua contenuta nell'atmosfera allo stato di vapore e di nubi sia di 70 trilioni di tonnellate, cioè l'equivalente di 100 volte l'acqua contenuta nel lago di Ginevra. Simile massa d'acqua potrebbe coprire tutta la terra di uno strato di 14 o 15 centimetri.

(1) « O salienti da' marini pascoli
Vacche del cielo, grige e bianche nuvole,
Versate il latte dalle mamme tumide
Al piano al colle che sorride e verzica,
A la selva che mette i primi palpiti.

CARDUCCI.

(2) *AA*) Coperchio ad imbuto; *bB*) vaso; *h*) chiavetta.

Produzione artificiale della pioggia. Più di una volta vennero proposti metodi per far piovere in tempo di siccità col mezzo di detonazioni.

(*st.*). Il Le Maout, fratello del botanico, fu strenuo partigiano dell'infuenza dei *rumori*. Egli raccolse alcuni casi di acquazzoni che caddero dopo le battaglie (es. l'Alma, Balaklava, Inkermann), e andò al punto di pretendere che la pioggia potesse anche essere provocata dal suono delle campane.

Il più grande esperimento fu quello eseguito dal generale Dyrenforth nel 1891 su una vasta superfice del *Llano estacado* col mezzo di cartuccie di dinamite fatte esplodere da terra, di razzi con dinamite e di palloni esplodenti. Il risultato non fu tale da incoraggiarne la continuazione.

Un meteorologo spagnuolo, l'Espy, pensò di ricorrere a correnti ascendenti di aria calda, capaci di trascinare in alto dei vapori e si fece qualche prova di questo sistema in Australia, rinunziando subito a continuare per l'enorme spesa.

Il Bell proponeva di costruire dei camini dell'altezza di 500 metri per portare in alto l'aria calda e finalmente l'Allen pensava di usare dei razzi refrigeranti, contenenti dell'etere solforico, che scoppiavano a 1600 m. d'altezza.

Una parte dell'acqua che cade si evapora dalla superficie stessa della terra in tutti i casi in cui l'aria non sia satura di vapore, e ritorna così al periodo atmosferico della circolazione: un'altra parte scorre lungo le pendenze della terra, ed una terza è assorbita.

Acque selvaggie. — Le acque che discendono alla superficie della terra diconsi *selvaggie* ed hanno per effetto di esportare ciò che non opponga loro resistenza, denudando così facilmente le parti che abbiano una certa inclinazione. In pari tempo queste acque esportano il sostegno alle pietre e quindi ne preparano la discesa.

In terreni che abbiano poca resistenza e che siano sparsi di massi, specialmente di forma tavolare, le acque selvaggie talora scavarono intorno ad ognuno dei solchi profondi e produssero così le *piramidi di erosione*, che sorreggono in cima il masso protettore contro l'azione diretta delle pioggie.

Simili fenomeni si producono in piccola mole sopra gli argini argillosi delle strade: il loro massimo sviluppo è stato ottenuto nella regione del Rio Grande, nel Colorado, ove sonvi piramidi di 25 metri di altezza ed alcune raggiungono i 100 m. Col tempo l'erosione progressiva finisce per determinare la caduta del masso o cappello sovrastante ad ogni piramide.

La vegetazione è una potente difesa contro l'azione demolitrice delle acque selvaggie, rallentando la velocità della loro discesa e determinandone l'evaporazione di una parte.

Perciò le foreste sono preservatrici contro le frane come contro le inondazioni.

La terra vegetale, ricca di particelle nutritive per le piante, viene così trascinata dai monti spogliati delle foreste. È spesso citato l'esempio della Camargue in Francia, formata in gran parte da terreni così trascinati dalle acque, detti da quelle popolazioni « carne della montagna ».

Frane. — Gli scoscendimenti o frane sono un effetto in parte delle acque selvaggie ed in parte di quelle che penetrano nel sottosuolo e lo escavano. L'esistenza di un sottosuolo argilloso o di ceneri vulcaniche è una condizione favorevole al franamento.

Così avvenne nel 1875 un enorme franamento di un antico cratere vulcanico all'isola della Riunione, per l'infiltrazione in strati di ceneri vulcaniche. Questa catastrofe era stata preannunziata molti anni prima dal geologo Velain.

Le frane essendo conseguenza di una istabilità relativa di equilibrio dei terreni, possono naturalmente essere promosse da terremoti (1).

Il danno maggiore delle frane è quando chiudono il passo ai fiumi, come avvenne della Romanche nel Delfinato (1811), formando un lago lungo 10 chilometri e profondo 40 metri, che

(1) E così appunto la pensava Dante riguardo la frana degli Slavini:

« Qual è quella ruina che nel fianco
Di qua da Trento l'Adice percosse,
O per tremoto o per sostegno manco,
Che da cima del monte, onde si mosse,
Al piano è sì la roccia discoscesa,
Ch'alcuna via darebbe a chi su fosse ».

coprì le terre e le case. Poi la diga venne superata e vi fu una
grave inondazione a valle. Una frana di 600 milioni di m³ ca-
duta nell'Indo nel 1841, produsse un'onda che devastò le rive
del fiume. Ricordiamo le recenti frane di Sant'Anna di Pe-
lago (1896) e quella che nello stesso anno dava origine al lago
d'Ambria in Val Serina. A Rossberg in Svizzera una frana del
volume di 10 milioni di m³, cagionata da certe cave vicine,
seppellì 450 persone.

Nelle grandi frane spesso un vento impetuoso precede lo
scoscendimento. Si verificò anche lo sviluppo di calore, epperciò si videro dei getti di vapore sorgere dalla massa che
discendeva.

Le grandi frane possono quasi sempre essere previste dal
geologo.

Le sabbie. — La disgregazione delle roccie è prodotta dalle
azioni combinate dell'aria e dell'acqua. I prodotti solidi che ne
risultano sono le sabbie ed il fango.

Le sabbie sono formate di granelli di feldspato, di quarzo,
di calcare e di altre roccie. Per la grossezza dei loro grani
non possono, trascinate dall'acqua, attraversare che certi terreni. Il fango invece, costituito specialmente di argilla dalle
tenuissime particelle, si insinua quasi dovunque l'acqua può
passare.

Le sabbie che rimasero nel luogo dove si produssero o che
di poco ne vennero dalle acque allontanate conservano i loro
spigoli, e talvolta anche una traccia di forma cristallina: quelle
invece che vengono di lontano sono fatte di particelle arrotondite. Giova per questo esame un microscopio stereoscopico, il
solo che possa far vedere i rilievi e la forma degli oggetti
osservati.

I frammenti pietrosi travolti dai torrenti si trasformano rapidamente in sabbie. Un pezzo di gneiss di 20 cm. di diametro
dopo 6 chilometri è ridotto in ciottolini di 2 cm.; dopo 12 chilometri non ne rimane che sabbia. Pel granito occorre un percorso doppio (Fayel).

Sabbie fluenti. — Le sabbie di natura silicea possono scorrere talora con le acque. Nel 1890 da un pozzo artesiano

(Schneidemül nella Silesia) a cui si lavorava si ebbe una vera
eruzione di sabbia mista ad acqua e poco dopo si produceva
un abbassamento del suolo.

(*esp.*). Se in una provetta contenente della sabbia fine e
secca si versa dell'acqua si formerà un deposito; se invece vi
si mette dell'acqua e si lascia cadere la sabbia a poco a poco,
ed agitando, si otterrà una pasta fluida.

Uscite di fango e di sabbia. — Si ricordano nella storia
della geologia abbondanti uscite dal suolo di fango puro o
misto a sabbia e talora delle vere inondazioni (1). Anche nel
traforo dei *tunnels* si verificarono talora delle invasioni fangose

Si attribuisce a questa causa il movimento di circa tre metri
all'anno delle montagne delle *Cascate* in Colombia, fatte specialmente di basalto, che discendono sopra strati di sabbia
fluida e di fango.

L'azione delle acque sinora considerate si limita a piccole profondità. Essa tuttavia può essere causa di avvallamenti del suolo e di veri terremoti di piccola estensione (2).

L'acqua sotterranea. — (*fis.*). Le acque che s'infiltrano fra
particelle disaggregate vi discendono:

1° per effetto del peso:
2° per la pressione liquida sovrastante;
3° per capillarità.

Viceversa, dopo le pioggie e l'irrigazione artificiale, l'acqua
profonda ascende per capillarità, a misura che gli strati superiori sono secchi, e così si mantiene l'acqua necessaria alle
radici delle piante.

L'acqua che si trova compresa fra strati impermeabili obbedisce alla legge delle pressioni, e quindi tende a realizzare
l'*eguaglianza di livello.*

(1) Nel 1897 a Manigod (Savoia) un torrente fu repentinamente mutato in una corrente di fango che travolse case, molini e ponti. Nel 1896
il villaggio di Kienholtz (Svizzera) fu invaso dalla belletta in seguito
ad una frana del monte vicino.

(2) Tali sono le depressioni varianti da 1 a 30 metri del Kansas (America). Ivi, presso la città di Meade, il suolo si abbassò di 50 metri.

Alcune roccie sóno appunto impermeabili all'acqua; come per esempio l'argilla ed il granito, ed è celebre la miniera di Bottalack in Cornovaglia, che si estende 700 metri sotto il mare, protetta da uno strato di granito abbastanza sottile da lasciar sentire il movimento dell'onda. Invece molte altre roccie sono in vario modo compenetrate dall'acqua, sia per la loro natura, sia per delle fessure che vi si trovano.

L'acqua che penetra è arrestata dagli strati impermeabili che incontra, strati inclinati su cui discende, formando lo strato dei pozzi (freatico), a cui si discende appunto per stabilire i pozzi di acqua potabile, praticando un serbatoio ad esso inferiore che viene riempito dalla corrente sotterranea.

Talora lo strato impermeabile si trova a piccola profondità, come avviene per i fontanili di Lombardia, da cui sgorga l'acqua relativamente calda.

Abbiamo già notato la facile infiltrazione delle acque nei materiali d'origine vulcanica.

Più basso si trovano altri strati permeabili in cui scorre altr' acqua, talora con una pressione capace di farla risalire e zampillare come avviene per molti pozzi modenesi.

Molti fiumi perdono gran parte delle loro acque ad un certo punto del loro percorso per effetto d'infiltrazioni o s'inabissano in caverne, salvo poi a ricomparire più basso.

Fontane. — Dell'acqua che penetra, una parte idrata le roccie profonde ed è quindi perduta per la circolazione, l'altra ricomparisce nei luoghi dove incontra dei passaggi permeabili dando così origine alle fontane (1).

(*ig.*). L'acqua di fontana è la migliore per l'igiene, a condizione che venga raccolta in luogo abbastanza profondo da non poter essere inquinata. Nei bacini aperti delle fontane vivono infatti vermi, crostacei e molluschi (es. *Physa fontinalis*) i cui escrementi alterano la purezza dell'acqua.

Le acque delle fontane provengono sempre da strati più alti. L'acqua che piove ogni anno essendo calcolata ad un metro di altezza si spiega facilmente come esistano fontane al

(1) Leggasi il poemetto *L'origine delle fonti* di Arici.

Gran Sasso d'Italia, in luogo dove esistono superiormente superficie di sei chilometri quadrati.

Similmente non rimane meravigliosa l'origine della celebre fonte di Valchiusa e di quella del Clitumno nell'Umbria.

Se vengono ad affiorare nel deserto, le acque sotterranee dànno origine alle oasi verdeggianti (1). È noto come il Governo francese abbia fatto praticare numerosi pozzi artesiani lungo una specie di fiume sotterraneo che percorre quel deserto.

Se lo strato permeabile è curvato a sifone si avranno le fontane intermittenti, che dànno acqua solamente quando il loro liquido ha raggiunto un certo livello nella parte sotterranea.

Oggi il percorso delle acque sotterranee è studiato col mezzo di sostanze dal potere colorante grandissimo.

Fenomeni di soluzione. — I minerali solubili vengono naturalmente a poco a poco esportati dalle acque sotterranee.

Per non parlare dei cloruri e degli ioduri, sappiamo che due minerali abbondevoli hanno una certa solubilità, e sono:

1° il gesso:

2° il carbonato calcico convertito in bicarbonato in presenza di H_2O e di CO_2.

Altri minerali solfati, carbonati, ecc. sono solubili. La silice combinata dà pure certi prodotti solubili, onde sono silicíche le acque di Plombières, di Bagnères-de-Luchon, d'Ax, ecc.

Le acque contengono tutte una certa quantità di minerali disciolti; quelle che ne contengono una maggior quantità diconsi *acque minerali.*

Alle grandi profondità si aggiungono le reazioni chimiche che si verificano nei corpi ad elevata temperatura e pressione in presenza dell'acqua.

Acque minerali. — Le sorgenti minerali sono soluzioni di sostanze saline, incontrate dalle acque negli strati sotterranei.

(1) Strabone paragona il Deserto di Sahara alla pelle di una pantera.

In generale contengono materie medicamentose; alcune che sono arsenicali, possono anche essere velenose.

Le acque termali sono generalmente anche mineralizzate; ma qui parliamo di sorgenti che zampillano alle temperature comuni.

Alcune contengono acido solfidrico (1): in generale sono ricche di CO^2. Quelle che ne sono molto ricche diconsi acidule per il sapore speciale pizzicante di questo gas.

Le acque minerali si possono classificare nel modo seguente:

1º Acidulo-gassose.

2º Alcaline . . . — bicarbonate (calciche, sodiche); silicate

3º Ferruginose — bicarbonate, solfate, magnesifere, crenate, arsenicali

4º Saline . . . . — clorurate, solfate, jodo-bromurate

5º Sulfuree . . . — sodiche, calciche

L'efficacia *chimica* delle acque termali come rimedio dipende notevolmente dalle sostanze minerali che contengono, siano purganti, diuretiche, ricostituenti, ecc.

(ig.). Diconsi *acque minerali da tavola* quelle poco mineralizzate e spesso contenenti CO^2. Alle loro qualità igieniche si aggiunge la sicurezza da ogni inquinazione batterica, quando siano messe in vendita con procedimenti antisettici.

L'acqua di mare e di certi laghi è pure una vera acqua minerale.

(1) « Fra l'Adice e la Brenta appiè de' colli
Ch'al troiano Antenòr piacquero tanto,
Con le sulfuree vene e rivi molli ».

ARIOSTO.

Il massimo di mineralizzazione è quello presentato dalle acque del Mar Morto, la cui densità è in certi luoghi 1,230. Contiene il doppio di sale dell'acqua del Mediterraneo e da 1 a 7 grammi di bromo per litro. Manca invece di iodio. È quindi probabile che sgorghino dal suo fondo delle sorgenti minerali simili a quelle termali di Zara e d'Emmaus, e che queste acque si mescolino con quelle comuni del bacino lacustre del Giordano.

Effetti della soluzione. — La solubilità dei carbonati produce alla lunga una diminuzione di resistenza alla pressione. Così venne spiegato il fenomeno osservato a Sunderland (Inghilterra) nel 1884. Si sentirono scosse e rumori sotterranei che vennero spiegati dal Labour. Quella città è infatti costruita sopra di uno strato di creta magnesiaca dello spessore di 100 a 150 m., attraversato da fessure e spaccature. Essendosi fatti dei grandi pozzi per provvedere la città d'acqua mediante trombe aspiranti si trovò che quella conteneva 500 grammi di creta ogni quattro metri cubi e mezzo. Ogni giorno si estraevano così 15 metri cubi di creta e questa continua sottrazione produsse naturalmente una minore densità media dello strato che incominciò a cedere alla pressione.

Simile è la causa dei piccoli terremoti segnalati nella Picardia dopo il secolo XI, e di qualche fatto consimile avvenuto in Piemonte, in regioni ricche di carbonato di calcio o di gesso

Un altro effetto della soluzione è la formazione delle caverne.

Speleologia. — Dicesi speleologia lo studio scientifico di tutto ciò che si riferisce alle caverne.

(st.) Nell'antichità le caverne ci ricordano tradizioni e miti curiosi, come l'Apollo Delfico, la Sibilla di Cuma, le grotte di Eolo: più tardi i mostri medioevali, i draghi, il *basalisco* (1).

(1) « Eravi ancora come il basalischio
Stava nel passo sopra una montagna
E spaventa ciascun sol col suo fischio ».

BOIARDO.

Kircher (*Mundus subterraneus*) accettava ancora molte storie paurose sulle caverne. La vera speleologia scientifica incominciò con le ricerche geologiche, e da poco se ne formò un ramo a parte (1) dapprima in Austria (Höhlenkunde).

(ig.) Questo ramo della scienza non è privo di applicazioni igieniche, potendo le acque potabili provenienti dalle caverne essere inquinate per la caduta in esse di animali.

Per lo studio della speleologia occorre quanto è necessario alle esplorazioni sotterranee: bussole, lampade elettriche e pile, corde e scale di corda, talvolta un piccolo battello smontabile.

Per certe caverne che si aprono verticalmente la discesa è pericolosa specialmente per le pietre che possono cadere dai margini dell'apertura (2).

(esp.) Per riconoscere la via di uscita delle acque scorrenti nelle caverne si usa di colorirle con la fluorescenza, sostanza di potere colorante straordinario.

L'acqua può formare nelle caverne dei fiumicelli, dei laghi (3), delle cascate; può scomparire per le fessure del suolo, insinuarsi in passaggi strettissimi.

Le caverne sono naturalmente incrostate di carbonato calcare e molte riescon bellissime per le stalattiti ed i colonnati di alabastro che le adornano.

La flora delle caverne è rappresentata da poche specie di funghi.

Interessante ne è invece la fauna.

Gli animali cavernicoli discendono da specie che vivevano alla luce e presentano notevoli fenomeni di adattamento.

Talora sono del tutto ciechi; molti soffrono se vengon portati alla luce.

(1) V. E. A. Martel. *La Spéléologie ou Science des Cavernes*, 1900.

(2) Il Martel accenna all'inconveniente dei cani che vedendo scomparire un uomo nell'apertura delle caverne saltellano intorno abbaiando e fanno cadere i sassi.

(3) « Ma pur gravide d'acqua ampie caverne
Veggiono, onde fra noi sorge ogni vena
La qual zampilli in fonte o in fiume vago
Discorra, o stagni, o si dilati in lago ».

Tasso.

Gli organi del tatto, come ad esempio le antenne nei crostacei e negli insetti, sono invece sviluppatissimi per una vera compensazione fisiologica.

In qualche caverna si trovarono dei topi *albini*. L'alimentazione di questa fauna è data dalle materie trascinate dall'alto dalle acque (1).

Il Packard, che studiò la celebre caverna americana del Mammouth nel Kentuky, descrisse un pesce cieco il quale non sembra avvertire neppure un colpo di pistola, ma invece fugge rapidissimamente al più piccolo movimento di vibrazione dell'acqua. In questa specie gli organi della linea laterale devono funzionare come delicatissimi apparecchi di tatto, atti a sentire le vibrazioni meccaniche del liquido.

È noto a tutti il *Proteo*, anfibio delle caverne della Carniola e dell'Istria, che è cieco e bianchiccio.

Le caverne sono anche

(1) Si aggiungono gli avanzi alimentari lasciati dai toristi che generalmente fanno un pasto durante la gita sotterranea.

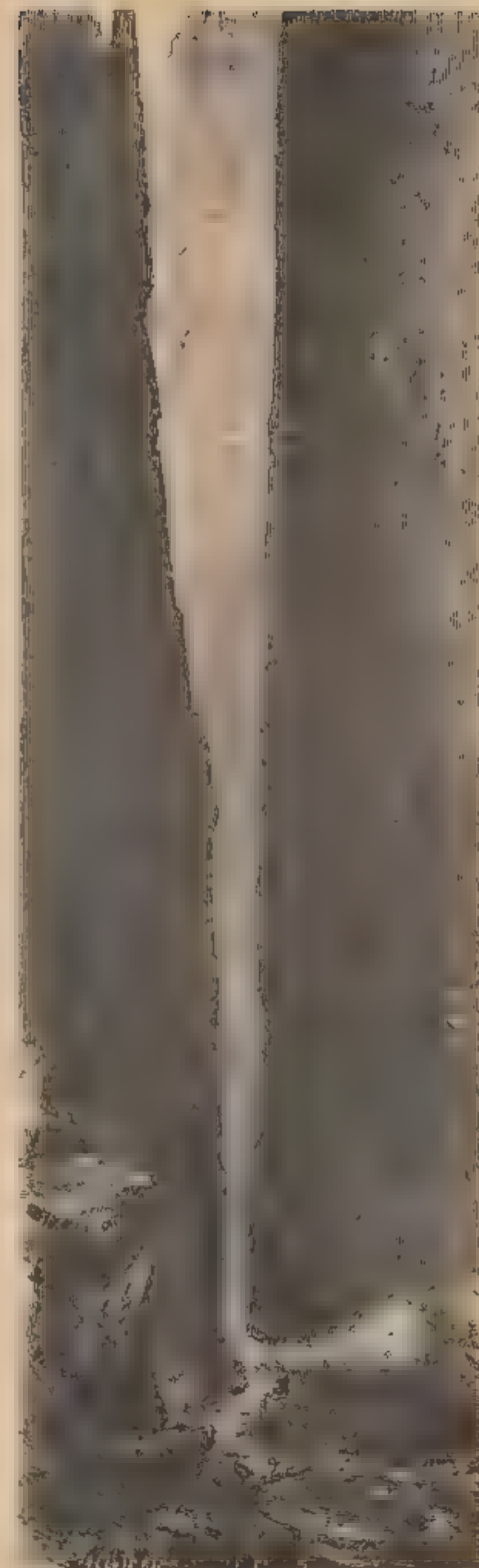



Fig. 101. Cañon del Colorado — A

interessanti per i fossili che contengono e per i residui dell'uomo primitivo che per lungo periodo vi trovò dimora. Alcune caverne italiane sono oggi visitate facilmente (Bossea in provincia di Cuneo) ed illuminate alla luce elettrica.

Torrenti e fiumi. — La composizione delle acque correnti varia secondo il bacino da cui provengono. Si citano le acque del rio Vinegro come contenenti dell'acido solforico; altrove si descrissero *acque nere*, prodotte dalla reazione dell'acido tannico delle radici con i sali di ferro.

La fauna delle acque correnti ci deve ricordare alcuni fatti, come ad esempio il diminuire del pesce, sopratutto per effetto delle industrie e delle acque di cloaca che vi sono immesse e la quasi totale scomparsa del castoro dai fiumi europei.

Nella zoologia geografica si nota come spesso i fiumi fissino i limiti dell'*habitat* di certe specie di animali. Ciò venne osservato da tutti i viaggiatori naturalisti.

(*ig.*) L'uso dell'acqua di fiume come bevanda, naturalmente dopo un'opportuna filtratura, non presenta pericoli se non nel caso che la presa sia fatta in luogo sicuro da ogni inquinazione batterica.

Si distingue nei fiumi un tratto superiore della natura di torrente (*thalweg*), un tratto intermedio e uno inferiore. Il lavoro di erosione è importante nei due primi, ed in teoria si può ammettere che sia maggiore col crescere dell'inclinazione.

Marmitte dei giganti. — Sono escavazioni circolari prodotte dal movimento rotatorio di ciottoli.

Erosione dei fiumi. — L'erosione del letto del fiume (1) si dimostra evidente in moltissimi luoghi. Talora sono erosioni

(1) « Rapido fiume che d'alpestre vena
Rodendo intorno, onde il tuo nome prendi
Notte e di meco desioso scendi
Ov'Amor me, te sol Natura mena ».

PETRARCA.

oblique (fig. 102); talora si formarono come delle gradinate che sono dette *terrazzi*.

L'erosione raggiunse il massimo suo sviluppo al Colorado, nei cosidetti *cañones* (si pronunci *cagnones*), profondissime fessure dalle pareti quasi verticali, prodotte da un lento sollevamento del suolo.

Non è raro trovare dei *cañones* profondi due mila metri (fig. 101).

Già abbiamo accennato all'influenza del diboscamento come causa delle inondazioni, la cui origine sta tutta nell'acqua che cade sulle alte valli. Si cercò di attenuarle con la costruzione di canali di scarico; tuttavia, siccome sosteneva il celebre Paleocapa, in seguito alla sottrazione di una grande quantità di acqua ad un fiume, la corrente ha minor forza dopo oltrepassata la presa e quindi fa sollevare il fondo nel tratto inferiore, facilitando così in altro modo l'arresto dell'efflusso.

Fig 102. Erosione fluviale.

Nel corso medio le acque corrodono la riva concava dei meandri e depongono materiali nella parte convessa (fig. 103).

Si verificò recentemente, specialmente nei canali, l'invasione di alcune piante americane che ne inceppano notevolmente la navigazione. I canali siano d'irrigazione, di navigazione o misti mutano le condizioni per gli animali acquatici in generale, e quindi sopratutto producono notevoli diminuzioni di livello nell'estate e non concedono al pesce la deposizione

Fig 103 Fiume Serchio presso Susa con deposito nella parte convessa.

e la fecondazione delle uova, che è in questi animali, come bene si sa, esterna. Il cambiare di direzione del corso di un fiume per un greto che siasi deposto durante un'inondazione è fatto non rarissimo.

Congelamento dei fiumi. — Il congelamento è regolarmente superficiale ed incomincia dalle sponde. Il ghiaccio così formato presso la riva impiglia entro di sè sassi ed altri materiali che poscia trascinerà a valle quando si spezza in frammenti che diventano liberi. Diconsi *embâcles* le accumulazioni di frammenti di ghiaccio che si possono formare al disgelo dei fiumi ove trovino una resistenza.

In questo caso i pezzi di ghiaccio si riuniscono, formano delle dighe e quindi dei *laghi sospesi*. Quando la diga di ghiaccio cede, il rottame viene a cozzare e si arresta ai pilastri dei ponti e si producono delle inondazioni.

Si usa quindi oggi di far saltare il ghiaccio di fiume con la dinamite in quei casi ove gli *embâcles* sono più pericolosi (1).

Ghiacci di fondo. — L'Halles narra di aver osservato a Soleure dal ponte dell'Aar dei massi di ghiaccio che si sollevavano dal fondo. La causa di tal fenomeno sarebbe la *soprafusione*.

L'acqua iperfusa che si trova nel fondo del fiume urtando contro i pilastri passerebbe istantaneamente allo stato di ghiaccio in forma di blocchi.

Rapide, cascate, cateratte, ecc. — Oggetto di descrizioni artistiche (2), per noi dimostrano gli effetti della loro erosione col lento retrocedere che fanno.

Nelle piene il lavoro di erosione e di trasporto è enorme. Si parla di vere isole galleggianti o *rafti* a volte trascinate dalle grandi inondazioni del Mississipì.

Laghi. — Una massa d'acqua (fig. 104) come quella che riempie i laghi funziona per l'aria che sovrasta come regolatore della temperatura, assorbendo il calore estivo. Così ve-

(1) Nel 1879 gli *embâcles* della Saona minacciarono una grande inondazione. A Saumur il fiume fu coperto di massi di ghiaccio per 7 chilometri e l'acqua si alzò a monte di 2 metri per 12 chilometri.

Nel Danubio spesso si verifica questo fenomeno dopo Buda-Pesth in una parte dove il fiume si allarga.

(2) « Forse, siccome 'l Nil, d'alto caggendo
Col gran suono i vicin d'intorno assorda ».

PETRARCA.

diamo gli aranci fruttificare attorno a certi laghi ad altitudini che non sarebbero compatibili con siffatta cultura (1).

La profondità massima dei laghi italiani è (De Agostini)

Fig. 104. Lario all'uscita dell'Adda

in quello di Como, presso la punta della Cavagnola. Ecco d'altronde alcuni dati.

Lago	profondità	
Lago di Lugano,	profondità	288 m.
» di Iseo		250
» di Garda		346
» Maggiore	»	372
» di Como	»	410

(1) « Nè per altra cagion l'amena riva
Che del puro Benaco a specchio siede
Eterna gode primavera, e sempre
D'aurati pomi e d'altri frutti ha carchi
De le pregiate piante i verdi rami ».

Baldi.

Tutti gli altri laghi europei (1) sono meno profondi, salvo due che si trovano in Norvegia (Hornisdovand e Mijosen).

Parecchie considerazioni, fra cui quella che il loro fondo si trova più basso del Mediterraneo e certe analogie della fauna, veri *ricordi* biologici, inducono ad ammettere che i laghi alpini fossero in comunicazione col *fiord* primitivo della valle del Po e siano stati chiusi da materiali morenici, mentre si compieva il sollevamento di tutta la valle.

Vi sono laghi residuali di antichi mari (Aral, Caspio); altri sono:

tettonici, o formati da bradisismi antichi;
craterici;
di sbarramento
morenici;
di erosione
carsici, prodotti da soluzione (laghi delle M[illegible])
litorali, prodotti da cordoni litorali;
intermittenti, come quelli di Zirknitz;
sotterranei.

Le acque dei laghi depongono la sostanza terrosa nel fondo, ed il Forel calcola che fra 45,000 anni il Lemano sarà ricolmo.

In alcuni casi si osservò un vero *dissanguamento* dei laghi, per cui scemano le loro acque, assorbite dal fondo.

Altre volte si hanno eruzioni profonde di fango (Nuova Zelanda). Inoltre nei laghi di poco fondo si sviluppa la torba che lo solleva. Le acque dei laghi presentano lente oscillazioni *(seiches)* sul livello medio.

Stagni e paludi. — Vengono scomparendo per opere di bonifica nei paesi civili, con benefizio per la salute (diminuzione della malaria) e per l'economia (2).

Nelle paludi spesso vi ha formazione di ossido di ferro e di gas delle paludi.

(1) V. Delebecque, *Les lacs français*.

(2) « Ma quanto più aver obbligo si possa
A principe, sua terra avrà a costui,
Non perchè fia dalle paludi mossa
Tra campi fertilissimi da lui ».

Ariosto

Facilmente vi si sviluppano le piante speciali, come i *paletuvieri* nei paesi caldi e gli sfagni (fig. 105) (1) dei nostri climi da cui si forma la torba.

Anche il trasporto eolico può, siccome vedremo, cooperare al riempimento dei laghi e delle paludi.

Fig 105 Sfagno. *a)* pianta; *b)* urna contenente le spore.

Lavoro di ricostruzione delle acque. — Alla soluzione di certi minerali corrisponde un lavoro di ricostruzione per cui talora si ottiene di nuovo la *specie* mineralogica, altre volte se ne formano delle nuove, in seguito a speciali reazioni.

Per noi basti il notare che i filoni sono in generale stati incrostati o riempiti da minerali che si formarono nelle acque che li percorrevano in movimento ascendente.

Quanto al carbonato di calcio, nella seguente tavola ne abbiamo segnato le trasformazioni chimiche e morfologiche, fra cui la formazione di incrostazioni (fig. 106) che non abbisognano di altre indicazioni dopo quanto si è appreso dalla mineralogia, salvo l'azione speciale dei vegetali. Si è infatti verificato (Weed) che lo sviluppo di alghe in acque fortemente calcaree, producendo una fissazione abbondante di CO^2, determina pure una rapida precipitazione di calcare dissociato.

Materiali trasportati. — I materiali solidi annualmente trasportati al mare dai fiumi rappresentano il finale risultato delle energie demolitrici che lavorano sulla terra. Il Po, per esempio, porta da 45 a 100 milioni di m³.

Le sabbie si depongono sulle spiagge con varia inclinazione. Talvolta esse coprono il fango (franc. *fondrières*). Si

(1) Lo sfagno cresce continuamente nella sua parte superiore mentre l'inferiore è ridotta agli involucri.

CALCARE (Anf.)

FENOMENI DI DISTRUZIONE	FENOMENI DI RICOSTRUZIONE	
	Dissociazione del bicarbonato	
	prodotta da fenomeni fisici	prodotta da sviluppo di alghe
Formazione di bicarbonato	Formazione di carbonato	Formaz. di carbonato
Es. 1° Acque calcaree	Es. 1° Sorgenti incrostanti	
2° Avvallamenti	2° Stalattiti e stalagmiti	
3° Caverne	3° Marmi	
4° Piccoli terremoti	4° Alabastri	
5° Passaggio negli organismi.	5° Incrostazioni	
	6° Pisoliti	
	7° Pietrificazioni	
	8° Travertini	
	9° Cementazioni	
	a) Puddinghe	
	b) Breccie	
	c) Arenarie	
	d) Lumachelle (marmi)	
←	10° Fondi marini attuali	
	11° Banchi ed isole di coralli	
	12° Creta	
	13° Roccie e fossili	
	14° Animali cementanti	
	Es. *a)* Ostriche	
	b) Serpule	
	c) Coralli	

narra di navi così inghiottite dal fango sulle rive del Missisipì (Girard).

Lo studio di questo fiume (1) che bagna una superficie di 3,496,000 km² è interessantissimo. Il suo delta che si estende

Fig. 106. Incrostazioni e stalattiti

per 320 chilometri dovette quattro secoli fa arrestarsi a 16 chilometri di distanza dal suo margine attuale. A quaranta chilometri dal mare apparisce il primo albero. Si scoprì nel

1) Warren Upham, *Growth of the Missisipi Delta in American Geol.*, 1897.

delta una costruzione spagnuola di 200 anni fa che era stata inghiottita dal fango con una velocità di 0,33 metri all'anno.

Simili fenomeni si verificano in varia scala per tutti i fiumi.

Fig. 107. Delta del Po.

Per effetto del lavoro delle acque avvennero ostruzioni di fiumi, come per esempio si verificò per l'Adour.

L'accrescimento del delta del Po (fig. 107) venne studiato a cominciare dal secolo XIX. Nei 70 ultimi anni la spiaggia ha acquistato 77 chilometri, cioè un chilometro all'anno, dal Tagliamento a Ravenna. Presso la foce principale l'accresci-

mento fu di 28 chil.² (1). Forse all'insabbiamento si aggiunse anche un bradisismo.

Alla formazione dei delta possono contribuire infatti (2) i sollevamenti lenti del fondo marino presso la foce, siccome è ammesso da Suess, Credner, Reclus, ecc.

Cordoni di sabbia dentro le terre. — Si rinvengono cordoni di sabbie che dimostrano l'esistenza di mari e laghi scomparsi, come il lago Agassiz in America che aveva la lunghezza di 800 chilometri.

Mutazioni delle spiaggie in Olanda. — Durante l'ultima metà di secolo il mare si è colà avanzato verso la terra (dal 1846 al 1894 da 32 a 45 metri). Cooperarono a questo effetto i lavori idraulici come l'apertura del canale da Rotterdam al mare del Nord e la costruzione di un nuovo porto (Ymniden). Inoltre nel 1894 si ebbe la più alta marea conosciuta sulle rive olandesi (3).

Nel medioevo l'Olanda aveva tutt'altro aspetto geografico. Le frequenti tempeste agirono sull'estuario della Mosa e si aggiunse la costruzione di dighe pesantissime, l'estrazione della torba e del salgemma.

(1) *Riv. geogr. italiana*, 1898.

« Al mare usurpò il letto il fertil limo
E, rassodato, al coltivar fu buono. »

TASSO.

(2) *Geikie British Assoc. Edimbourg*, 1897.

(3) 300 navi perdute, la diga di pietra di Heldex demolita per 5 chilometri.

AZIONE DELL'ARIA

L'azione chimica dell'aria risiede principalmente nell'anidride carbonica, e si esercita unitamente all'acqua: l'azione meccanica invece è effetto del vento, e consiste nell'esportazione delle particelle prodotte dalla decomposizione chimica delle roccie e nell'erosione dovuta specialmente a granelli di sabbia silicea che agiscono come lime.

(esp.). Se si agita in un vaso di vetro dello smeriglio in polvere con del piombo da caccia, dopo breve tempo il vetro rimane internamente appannato per l'azione dello smeriglio. Il piombo in quest'esperienza funziona solamente come massa, mentre nel vento si ottiene lo stesso lavoro per la grande velocità da cui sono animate le particelle dure. Così anche le roccie più resistenti vengono corrose.

(oss.). Si era osservato d'altronde che i vetri delle finestre non si conservavano limpidi presso le dune, dove soffia un vento apportatore di sabbia.

(ind.). L'industria si valse di questo mezzo per ottenere i vetri artistici smerigliati. Invece dell'acido fluoridrico, dannoso agli operai, usansi oggi per questo lavoro le macchine a soffio di sabbia, in cui un mantice proietta sulle parti scoperte del vetro un soffio di aria mista a sabbia silicea.

Col tempo le correnti aeree possono, insieme alle altre forze demolitrici della natura, corrodere ed intaccare profondamente le roccie che vi sono esposte. Si formano così i contorni irregolari e talora anche stranamente imitatori di certi massi (1)

(1) « Talor m'arresto, eppur nel primo sasso
Disegno con la mente il suo bel viso ».

PETRARCA.

(fig. 108), le pietre oscillanti (1) (fig. 109), ecc. Così delle rocce vennero assottigliate verso la loro base e stanno come colonne che sorreggano un capitello e talora come enormi funghi

L'opera di denudazione del vento non abbisogna di spiegazione.

Fig. 108. Effetto di erosione

Sabbie galleggianti. — La sabbia dal vento trasportata può deporsi sulle acque dei fiumi e dei laghi e rimanervi galleggiante per un certo tempo.

(1) « Noi salivam per una pietra fessa,
Che si moveva d'una e d'altra parte
Siccom' onda che fugge e che s'appressa ».

Dante.

Sui fiumi il fenomeno venne osservato nel Connecticut dal Graham e dal Simonds sul fiume Llano al Texas (1), in luogo dove le sponde sono principalmente formate di granito rosso.

Sugli stagni la sabbia può, per l'immobilità delle acque, restare più a lungo sospesa. Si verifica anche che i grani di

Fig. 109. Pietra oscillante

sabbia si riuniscono per la formazione di materia cementante e formano una specie di crosta che nasconde l'acqua sottostante.

Nelle lande della Guascogna gli stagni che sono siffattamente coperti da uno strato di sabbia diconsi *blouses*. Se un

(1) *The American geologist*, 1900.

uomo vi pone piede, la crosta si rompe e la persona facilmente cade nell'acqua (1).

Certi laghi possono essere colmati dalle polveri atmosferiche.

Nelle dune delle Fiandre si trovano dei laghetti d'acqua salmastra coperti da una polvere sabbiosa che sono detti *paunes*.

Il deposito eolico è naturalmente più facile se l'acqua è salata e satura. In tal caso si unisce al sale che cristallizza, come si verifica nei *Kavirs* (2), presso Korassan, dove una crosta principalmente fatta di sale nasconde profondi stagni che possono inghiottire le carovane.

Simili depositi eolici si verificano anche negli *chotts* della Tunisia, in cui uno strato di sale e di sabbia copre delle acque verdognole.

Si volle che i deserti australesi siano laghi coperti da sabbia.

Nel taglio dell'istmo di Suez, in corrispondenza dei laghi Amari, si scavarono dei blocchi di strati alternanti di sale e di sabbia.

Pare che il mar Rosso, al tempo dei Faraoni, comunicasse col mar Mediterraneo, e che il vento ne abbia interrata la stretta comunicazione dei due bacini.

Vi sono tempeste di sabbia e tempeste di polvere. Il Pictet studiò la fenomenologia delle bufere sabbiose, in cui il vento tocca facilmente la velocità di 30 metri per secondo (3), e l'aria è perfettamente secca. Le colonne di sabbia, neri coni ascendenti e mobili come trottole, che si formano nel Sahara, possono avere 200 metri di altezza.

Le bufere di sabbia vennero osservate in tutti i deserti ed anche nelle steppe della Russia.

---

(1) Jules Girard, *L'évolution comparée des sables - L'érosion - L'abrasion météorique - Les dunes - La transformation des rivages*, 1908.

(2) Monnier, *Itin. à travers l'Asie*. 1900.

(3) « Negli utri, dico, il vento diè lor chiuso
Ch' uscir di mezzodì suol con tal rabbia
Che muove a guisa d'onde e leva in suso
E rota fin in ciel l'arida sabbia ».

Ariosto.

La polvere che rimane per qualche giorno sospesa nell'atmosfera può oscurare il cielo (1).

Loess. — È una roccia friabile, leggera, estremamente adatta alla coltivazione, del nord della Cina e della Mongolia. Vi si trovano fossili, ma giammai delle conchiglie od altri animali marini. Si aggiunga che non è stratificata e che si trova a 2000 m. d'altezza.

È questo tutto un deposito eolico dovuto ai venti che dominano in Mongolia.

Simili depositi vennero trovati al Messico da Virlet d'Aoust e nei « *depositi di Bluffs* » delle vallate del Mississipi e del Missuri.

Si trovarono depositi meteorici nell'Abissinia, in Europa nella valle del Danubio.

Nella bassa valle del Nilo, dopo le benefiche inondazioni, vengono non meno benefiche deposizioni di sabbie trasportate dal deserto dal vento *Khamsin*. Il miscuglio dei due sedimenti, l'acqueo e l'eolico, forma una terra estremamente acconcia per proprietà fisiche, non meno che per la chimica composizione alla vegetazione.

(*st.*). Di quest'alternanza si valsero gli archeologi come di un *criterio cronometrico* per stabilire la data di certi ruderi egiziani, e trovarono così vestigia di civiltà a 30,000 anni di distanza (Mariette).

Alla polvere terrestre occorre aggiungere quella *cosmica* che pure può essersi deposta in stratificazioni ed in sedimenti di ceneri vulcaniche che formarono i tufi.

Insabbiamento. — (*st.*). Tutta la regione Aralo-caspica ci dà un esempio delle funeste conseguenze del diboscamento e del susseguente effetto dell'insabbiamento.

L'uomo ebbe in questo caso una influenza nociva sulla natura (2). Numerose rovine vennero ricoperte dalle sabbie nell'Arabia Petrea, nella regione dell'Aures (Asia Minore), nella pianura della Mesopotamia. L'invasione progressiva

---

(1) Yarkand, *Journal of the Roy. Géog. Soc.*, *1869*

(2) Voeikof, *Annales géogr. 1901.*

delle sabbie fece abbandonare quelle terre un dì fiorenti di relativa civiltà.

Nel secolo passato venne ricoperta dalla sabbia tutta una città al nord di Khotan e la tradizione vuole che 260 città siano state seppellite successivamente in quei medesimi luoghi (1).

Le dune.

Sono collinette di sabbia accumulate dal vento, che hanno per carattere l'instabilità (2). La duna formata da una tempesta sarà distrutta dalla tempesta seguente.

La sabbia mossa dalle correnti può anche levigare le rocce sottostanti, producendo effetti simili a quelli dei ghiacci.

L'altezza delle dune può salire a 200 metri.

I granelli di sabbia trascinati se incontrano un'ostacolo sono dal movimento turbinoso dell'aria respinti addietro e rimane quindi un intervallo libero, finchè, avendo l'ammucchiamento superato l'altezza dell'ostacolo, la sabbia può passar oltre senza effetti di riflessione.

Il vento è la causa principale della formazione e del *facies* delle dune: ma vi influisce pure alquanto la secchezza dell'aria e la costituzione geologica del suolo.

Quanto alle altezze, ecco alcuni dati:

Dune di capo Rosas (Algeria) . .	129 m.
» di Tabarka (Tunisia)	200 »
» di Mont Frieux (Francia) . .	158 »
» delle Lande (altezza massima)	75 »

Si distinguono le dune di spiaggia e quelle che si formano nei deserti.

(1) « Muoiono le città, muoiono i regni
Copre i fasti e le pompe arena ed erba »
TASSO.

(2) « Tra i quali e noi giace l'instabil suolo
Di quell'arena ognor da' venti mota »
[illegible]

Nei deserti influiscono tutte le circostanze che possono in certi luoghi favorire l'ascesa dell'acqua, come la capillarità. Così certe dune sono allineate secondo certi fiumi sotterranei.

I mucchi di sabbia servono poi nel deserto come serbatoi per l'acqua di pioggia che è assai abbondante nei temporali. Quindi la vegetazione fissa generalmente la parte più bassa dei monticelli.

L'acqua serve a consolidare la sabbia delle dune in due modi:

1° per la semplice *adesione* dei liquidi coi solidi, formando un vero cemento liquido;

2° per la deposizione di carbonato di calcio, che non manca in nessuna acqua della terra.

Le dune del deserto formano quindi delle vere catene aventi una certa stabilità. Si dà il nome di *Erg* alla regione delle dune del Sahara che si estende per 12 milioni di ettari.

Il vento agisce solamente alla cima delle più alte dune (*ghourds*).

Singolari sono le variazioni di colore che assumono le dune del deserto secondo le giornate e l'ora, passando dal bianco abbagliante (1) al verde mare (2).

Le dune litorali si manifestarono più dannose in seguito al diboscamento.

Esse coprirono già molti villaggi, talora rapidamente.

La velocità con cui procedono entro terra è varia:

nel Cotentin	6,50	m. all'anno
in Guascogna	10	»
nel Boulonnais (3) . . .	25	»

Fortunatamente vi è mezzo di arrestarle con la coltivazione di piante speciali che si adattano alle sabbie e le con-

(1) « Percuote il sol nel colle, e fa ritorno,
Di sotto bolle il sabbion trito e bianco »
ARIOSTO.

(2) Questo fatto interessante per l'arte come per la scienza, è descritto dal Foureau « Une mission chez les Touareghs » *Bull. Soc. de Géog.* 1903.

(3) PAUL GIRARDIN.

solidano con le loro radici mentre le fronzure ne diminuiscono l'evaporazione.

Nella Guascogna si ricorse al pino marittimo ed al tamarisco; nelle lande all' *Arundo arenaria*.

Nel deserto del Chilì, con 4000 chilometri quadrati di dune, si ottennero vantaggi dall' *Hicrochloa utriculata*.

Occorre aggiungere che le sabbie minacciavano d'invadere la città di Chanco.

Devesi all'Albert, naturalista governativo del Cile, uno studio interessantissino su questo argomento.

Nell'America vi è una speciale *Division of Agrostology* che si occupa della lotta contro le dune. Là si coltivano specialmente l'*Ammopila arenaria*, l'*Elymus arenarius*, il *Panicum amarum*.

Mercè la coltivazione di foreste di pini, per opera specialmente del Brémontier, dei tratti di dune perfettamente sterili e che minacciavano la terra coltivata diventarono produttivi (legnami, resine, nero fumo, distillazione della terebentina), ed oggi hanno anche speciali ferrovie.

Nella seguente tavola abbiamo riassunto le principali forme di lavoro meccanico dell'aria.

Un altro lavoro compie l'aria in movimento che è relativo alla dispersione dei semi, ed entro più ristretti limiti, anche di animali microscopici.

Sappiamo come certi frutti siano muniti di speciali adattamenti (es. samaro, pappi) per presentare una vasta superficie al vento.

Per gli animali, come dicemmo, l'azione del vento è minore, e se spesso col microscopio si vedono subito brulicare i *rotiferi* nell'acqua di pioggia, ciò dipende dalla loro reviviscenza e dalla rapidità con cui le loro uova si sviluppano.

LAVORO EOLICO (Anf.

DISTRUZIONE

Denudazione — **Abrasione**

Azione preservatrice della Vegetazione

Azione preservatrice dei *Pinus*, *Arundo arenaria*, *Hicrochloa utricolata*, ecc. . . (per Dune del deserto, Dune di spiaggia)

COSTRUZIONE

Es. Formazione del *Loess*.

Depositi di *Bluffs* nelle valli del Missisipi e del Missuri.

Sedimenti misti eolici ed acquei nella bassa valle del Nilo

Depositi di tufi vulcanici

» di polveri cosmiche

Insabbiamenti

a) dell'istmo di Suez

b) di centri di civiltà antiche

Wasserkissen

Blouses di Guascogna.

Chotts di Tunisia

Kavirs presso Korassan

Riempimento dei *Laghi Amari*

Depositi di *crioconite*

Depositi di *terra vegetale* in luoghi inaccessibili (roccie, monumenti, ecc.)

Bufere di sabbia

Bufere di polvere

Dune del deserto.

Dune di spiaggia

CLIMI

Compongono il clima di un luogo, in un concetto molto comprensivo, tutte le influenze che in una data località agiscono sugli esseri viventi e che provengono dal suolo, dall'atmosfera e dall'illuminazione solare.

Secondo l'estensione del tratto che si considera, vi sono climi regionali e climi locali.

Gli elementi che li costituiscono vengono detti *fattori climatici* (1).

I fattori più importanti si riferiscono all'aria, e fra questi il più influente è la temperatura media annuale.

Ma siccome il clima si manifesta nei suoi effetti biologici, non devesi tener conto esclusivamente delle medie annuali, siccome si usò da alcuni autori. Gli organismi sono specialmente influenzati dalle minime e dalle massime e dalla differenza fra di queste, e non hanno quindi valore assoluto le classificazioni antiche di Rochard e di Levy, fondate solamente sulle isotermiche.

Classificazione di Rochard.

A	climi	torridi fra l'equatore e l'isoterma	25°
B	»	caldi	fra 25° e 15°
C	»	temperati	» 15° e 5°
D	»	freddi	» 5° e 0°
E	»	polari.	

(1) È invalso l'uso di confondere l'aggettivo climatico con *climaterico*, specialmente negli autori francesi. Riferendoci all'autorità del Littré, notiamo come climaterico derivi da *climo* o *scala*, e corrisponda al concetto di particolari condizioni di difficoltà, di gradazione o di crisi.

Classificazione di Levy.

1°	clima	torrido	con temperatura media	da 27.5°	a	25°	C.
2°		caldissimo	»	» 25°	»	20°	»
3°		caldo	»	» 20°	»	15°	
4°	»	temperato	»	» 15°	»	10°	»
5°		freddo	»	» 10°	»	5°	»
6°	»	freddissimo	»	» 5°	»	0°	
7°		glaciale con temperatura inferiore a				0°	»

Le grandi regioni climatiche sarebbero secondo il Levy:

I. clima torrido dell'equatore a 30° lat. Nord e 35° lat. Sud.
II. » temperato sino a 55°.
III. » freddo da 55° al polo.

Dopo la temperatura spetta la massima importanza allo stato igroscopico (umidità) dell'aria.

Sono elementi modificatori del clima:

1° la latitudine;
2° l'altitudine;
3° la configurazione più o meno frastagliata delle spiaggie;
4° l'esistenza di un mare interno o di laghi;
5° il regime dei venti;
6° la presenza di maremme che nell'inverno gelino;
7° le foreste;
8° il passaggio di una corrente marina;
9° lo stato medio del cielo, ecc.

Queste influenze si spiegano facilmente con le leggi fisiche della radiazione, coll'influenza dell'umidità sulla diatermicità dell'aria, col calore specifico dell'acqua, ecc.

L'influenza delle foreste è naturalmente maggiore per i climi locali. I boschi ricevono il 6 % di pioggia più delle regioni scoperte, e l'evaporazione dell'acqua vi si compie due o tre volte maggiore per effetto della traspirazione e della clorovaporizzazione.

Sotto il riguardo delle influenze sull'uomo ha forse maggior importanza la divisione del Weber in

1° climi delle isole e delle costiere o *marittimi*;
2° climi interni o *continentali*.

I climi locali offrono grandi variazioni da luogo a luogo, specialmente in montagna.

(ig.). Ben si sa come l'igiene e la medicina si valgano oggi delle influenze del clima per l'istituzione di *sanatori* in posizioni adatte per diverse malattie.

(biol.). L'influenza delle piccole mutazioni di clima è in generale benefica. Già il Darwin aveva accennato ad un principio biologico secondo il quale anche dei piccoli cambiamenti potevano essere utili agli esseri viventi.

Gli allevatori ed i coltivatori non applicano da lungo tempo la pratica delle piccole variazioni di ambiente coi cambiamenti di pascoli, col trapiantamento, ecc.?

Il Darwin ricorreva a questa legge per ispiegare l'infecondità delle nozze fra consanguinei, argomento biologico sul quale le idee sono oggi molto mutate.

Rimane tuttavia il benefizio dei piccoli cambiamenti di clima, come di occupazioni, di lavoro, ecc. (1).

Quanto ai grandi cambiamenti di clima è utile ricordare che l'uomo non è *cosmopolita* nel significato comune della parola. Esso non regge alle rapide mutazioni di clima, specialmente ai passaggi da clima freddo o temperato nei climi caldissimi. Le statistiche dimostrano che le famiglie degli europei che emigrarono in climi siffatti non riuscirono alla terza generazione.

L'uomo adunque di una data *razza* non può adattarsi ad un clima, almeno con i mezzi igienici sinora usati, se non con lentissime immigrazioni, oppure mediante unioni con gli indigeni, producendo meticci dotati della resistenza ereditaria.

Per tal modo i monogenisti spiegano come la discendenza di un primo gruppo umano abbia potuto popolare regioni dai climi disparatissimi.

Climi insulari. — L'andamento della temperatura è più regolare, e sono minori le differenze fra l'estate e l'inverno. Vi

(1) *(ig.)*. Si ricorderà che ogni forma di lavoro ha per effetto la produzione nell'organismo di speciali *tossine*.

è maggior costanza di pressione barometrica, e l'aria è povera di germi di microrganismi. Tuttavia il raffreddamento del corpo è più celere in riva al mare (*Beneke*). Ricordiamo a questo riguardo come alcuni medici biologi attribuiscano al clima *tutta* l'influenza benefica dei bagni di mare.

Quanto ai climi locali, ecco un esempio di classificazione (Weber):

				Stazioni tipo
Climi..	Marini, insulari o di spiaggia.	u . . .	caldi.	Madera
			temperati	Isola di Bute (Scozia)
			freschi	Pegli
		semiumidi. . .	più caldi . . .	Mogador
				Aiaccio
				Venezia
			più freschi . .	Spiaggie irlandesi
		secchi		Riviera di Ponente
	Continentali . .	di montagna		Stazioni alpine
				Laghi italiani
		di pianura. . .	Caldi e secchi. .	Cairo
			Caldi meno secchi:	Roma, Pisa, ecc.

Oltre all'igiene ed alla medicina, lo studio delle influenze dei climi è utile per la zootecnica e per la coltivazione in quei pochi tentativi di acclimamento che presentano probabilità di riuscita.

Variabilità dei climi. — I bradisismi sono necessariamente dei modificatori lenti dei climi locali e generali.

Le faune e le flore fossili dimostrano come realmente abbiano mutato i climi delle varie località (1), e già osservammo prove di un'epoca glaciale in diverse regioni della terra.

(1) Vogliamo intendere il trovarsi di fossili, di piante e d'animali propri di regioni caldissime in paesi attualmente dotati di clima freddo.

Quanto ai tempi attuali, non si può indurre dalle poche osservazioni meteorologiche, che vengono appena da un secolo registrate (1), a conclusioni probabili. Le variazioni delle massime estive e delle minime invernali dipendono probabilmente da speciali leggi di periodicità in correlazione con i fenomeni cosmici.

(1) Le più antiche osservazioni regolari si trovano forse all'Osservatorio dell'Accademia delle scienze di Torino.

FLORE E FAUNE

Le flore e le faune attuali sono naturalmente in relazione col clima.

Flora.

La flora universale si divide nelle seguenti zone:

Latitudine	Altitudine	
		ZONA POLARE.
82°	5000-4800 m.	Sulle montagne questa zona ha per limite la innevazione, ai poli le regioni coperte dall'*inlandsis*. Vi si trovano licheni, muschi ed erbe.
		ZONA CIRCUMPOLARE.
da 82° a 72°	4800-3800 m.	Rododendri, arboscelli di betulle. Non reggono neppure le piante coltivate più resistenti.
		ZONA ARTICA.
da 72° a 66°	3800-3000 m.	Cominciano a resistere a questo clima in certi luoghi la segale, l'orzo, le patate.
		ZONA SUBARTICA.
da 66° a 58°	3000-2500 m.	È la regione delle conifere, che limita la zona forestale circumpolare.

Zona temperata fredda
o degli alberi a foglie caduche.

Latitudine	Altitudine	
da 58° a 45°	2500-1700 m.	Prati con numerose specie: carpino, castagno, ecc.

Zona temperata calda
o degli alberi a foglie sempreverdi.

Latitudine	Altitudine	
da 45° a 38°	1700-800 m.	Ulivo, alloro, mirto, vite, agrumi.

Zona subtropicale
o regione delle palme.

Latitudine	Altitudine	
da 38° a 23°	800-600 m.	Cicadee, palme, the, camelia.

Zona tropicale
o delle felci arboree.

Latitudine	Altitudine	
da 73° a 15°	600-300 m.	Muse, aroidee, cactee.

Regione equatoriale
o delle foreste vergini.

Latitudine	Altitudine	
da 15° a 0°	da 300 a 0 m.	Le foreste vergini ci ricordano una speciale vegetazione di alberi che ricoprono una seconda vegetazione inferiore, protetta dalla soverchia radiazione solare. Sugli alberi si sviluppano le *liane* e le *orchidee* epifite; sulle radici spesso delle speciali *parassite* radicicole con enormi fiori incolori e fetenti.

La flora italiana e l'Adria. — Il trovarsi dal lato dell'Adriatico di una flora che contiene piante della Dalmazia, fece indurre all'esistenza probabile di una terra antica che occupava

il sito dell'Adriatico attuale e di cui le Tremiti ed il Gargano sarebbero le somme punte, similmente a quello che avvenne per l'arcipelago toscano. Secondo il Savi, il Suess, il Mayor, le isole del Tirreno sono avanzi di una *Thyrrenis* sommersa.

L'Adria, ammessa da Suess e da Neumayr, si sarebbe abbassata contemporaneamente all'abbassamento del mar Egeo e di gran parte della regione Pontica.

Diffusione delle piante. — Sono mezzi di diffusione delle piante il vento, le correnti marine, i fiumi e gli animali stessi, sia che portino i semi aderenti al loro corpo, come ai peli, alle piume o nelle pieghe della regione plantare, sia che siano frugivori e depongano in altri luoghi i semi non digeriti.

L'uomo stesso serve alla diffusione di certe specie e basterà ricordare lo *stramonio*, oggi comunissimo e proveniente da qualche seme smarrito dagli zingari lungo la strada, l'ortica che si è diffusa in Australia, l'*oidio* e la *peronospora* della vite.

Fauna.

Il clima ha un'influenza minore sulle faune che sugli animali. Gli animali dei climi freddissimi sono difesi dal *letargo;* quelli dei caldissimi presentano l'estivazione, oppure la loro vita è principalmente notturna. Dove la flora è ricca è più abbondante la fauna.

Le faune di certe regioni corrispondono in modo spiccato a quelle che ebbero un grande sviluppo nell'evoluzione anteriore geologica.

Così la Nuova Zelanda ha mammiferi ovipari (ornitorinco, echidna) e marsupiali: il Madagascar i lemuridi; l'America del Sud i didelfi, i rosicanti subungulati e gli sdentati corazzati; l'Africa le zebre, le giraffe, le antilopi, gli asini selvatici.

Invece è notevole l'assenza di cavalli nell'America, dove pure in ère anteriori stavano abbondantissimi.

Come legge che illumina la geologia si può affermare che quando due regioni hanno faune simili sono state separate da bradisismi relativamente recenti.

Ciò si verifica per esempio nelle regioni boreali dell'America, dell'Europa e dell'Asia (continente euro-asiatico). Similmente tutta la spiaggia che circonda il Mediterraneo ha una fauna molto simile, onde si deduce l'esistenza di comunicazioni terrestri fra i continenti.

Se una regione ha una fauna di forme miste è probabile che sia stata soggetta a grandi cambiamenti geografici ed abbia ricevuto successive immigrazioni. Certe regioni già notate, come l'Australia ed il Madagascar devono aver poco mutato. La mancanza di grossi mammiferi nel Madagascar fa conchiudere che non fu in tempi recenti unita al grande continente africano.

Gli animali di una data regione hanno quasi sempre caratteri faunistici corrispondenti al suo clima ed alla vegetazione.

Nei paesi coperti di foreste abbonderanno, per esempio, i mammiferi rampicanti e quelli a vita arborea; nelle regioni scoperte e nelle pianure troverete i saltatori, gli scavatori, i corridori.

In questi casi è evidente l'adattamento delle forme ai bisogni dell'alimentazione e della difesa.

Nelle faune dei deserti predominano i colori isabellino e giallognolo.

I FOSSILI

Sono le traccie che rimangono degli esseri vissuti in epoche geologiche anteriori all'esistenza dell'uomo.

Sebbene il più comune processo di fossilizzazione possa continuare ad effettuarsi nell'ora presente, non possono quindi venire ascritti ai fossili gli avanzi animali od i prodotti industriali che vennero seppelliti dai lombrichi, dai lavori di sterro, dalle frane (1), ecc.

Recentemente, con un discutibile criterio, si volle estendere l'aggettivo fossile anche alle traccie de' fenomeni fisici o geologici antichi col nome un po' pretensioso di *fossilizzazione dell'imponderabile*. Citiamo ad esempio:

1° il *magnetismo fossile* (Lapparent). L'argilla cotta acquista un certo grado di forza coercitiva per il magnetismo, cioè rimane calamitata sotto l'influenza di una calamita, di un solenoide, o del magnetismo terrestre che è causa dell'inclinazione. In certe località vulcaniche delle colate di lava passando sopra strati argillosi la disidratarono riducendola a terra cotta e queste argille conservano realmente una polarità che indica l'angolo d'inclinazione magnetica nel tempo che si compì la loro trasformazione;

2° le *correnti marine fossili* (Meunier), cioè i solchi lasciati in certi depositi sabbiosi, solchi che possono anche indicare le variazioni di direzione delle correnti che li generarono;

3° il *vento fossile*, che può essere o l'effetto del vento su antichi depositi di spiaggia che vennero ricoperti, oppure il

(1) Ricordiamo lo strano episodio della galleria di Majolungo descritto dal Salmoiraghi, in cui una frana coprì un carrello ferroviario, strumenti, ecc. Per le proporzioni dello scoscendimento quella galleria dovette essere abbandonata.

deposito di sabbia travolta dal vento e lasciata nelle spaccature dell'argilla, prodottesi per l'essiccazione rapida al sole (*sole fossile*). Ciò si verificò per argille dell'epoca primaria ed i granelli di sabbia così deposti dal vento negli intervalli di quella specie di musaico ci dimostrano che il vento d'allora aveva una forza uguale a quello dell'ora presente;

Fig. 110.
Pioggia fossile ed impronte di piede

4° la *pioggia fossile* (impronte di grosse gocciole) (fig. 110);

5° il *fulmine fossile*, cioè le *fulguriti* prodotte dalla fusione della sabbia e dalla conseguente cristallizzazione.

Modi di fossilizzazione. È utile ricordare che la distruzione dei corpi organici è opera:

1° di certi microrganismi che distruggono la molecola organica con produzione di H, Az, H^3N, XNO^3, CO^2, ecc.;

2° degli animali saprofagi (1);

3° dell'acqua e dell'aria che sciolgono in sali acidi i carbonati ed i fosfati degli scheletri.

Si comprende che la conservazione delle parti molli sia stata un caso eccezionale e che anche gli scheletri ed i tessuti sclerificati delle piante, le corazze chitinose o silicee abbiano dovuto trovarsi al riparo dell'azione solvente.

Così ben di rado si può dai fossili raccogliere notizie sulla struttura interna. Sono casi eccezionali quelli di un ostracode (Renault) del carbonifero in cui è perfettamente distinguibile

(1) Anche gli stessi ruminanti, secondo recenti osservazioni di viaggiatori, si attaccherebbero agli scheletri per procurarsi i sali necessari alla nutrizione.

la struttura e quelli dei trilobiti in cui si poterono ancóra contare 20,000 occhi semplici (occelli).

La scienza dei fossili è detta *Paleontologia*.

Modi di conservazione. - Si rinvennero proboscidati completamente in pelle e carne conservati nel ghiaccio ad alte latitudini e si suppone che siano caduti nei crepacci di qualche *ghiacciaio morto* (*ghiacciai fossili*, secondo alcuni). In tutti i musei vi sono poi delle collezioni di insetti conservati perfettamente nell'ambra che sono da ascriversi ai veri fossili.

Pietrificazione. — È il più frequente modo di fossilizzazione, consistente nella sostituzione di molecole minerali e di minutissimi cristalli alla sostanza dei tessuti. È condizione essenziale l'esistenza nel terreno in cui si trovarono i corpi organici di un minerale sciolto (fossilizzatore). In qualche caso il minerale può anche essersi formato per reazione chimica (epigenesi) nel corpo stesso alle spese delle sostanze semplici che conteneva (esempio S degli albuminoidi) e di sostanze sciolte nell'acqua.

Il processo di fossilizzazione è ben differente dai metodi di pietrificazione di certi specialisti che ottengono la solidificazione quasi lapidea dei tessuti molli col mezzo di reagenti (cloruro di zinco, sublimato corrosivo, ecc.).

Potrebbe sino ad un certo punto paragonarsi a ciò che si ottiene nei frutti canditi, in cui dei cristallini di zucchero si formano nell'interno delle cellule e nei meati intercellulari.

È naturale che abbia preceduto uno stato di subfossilizzazione corrispondente a quello degli ossami di antichissimi cimiteri e delle stesse ossa che vennero estratte nella escavazione della platea del Colosseo, appartenenti alle bestie feroci od esotiche degli spettacoli ed ai cavalli che si mattavano per la loro alimentazione (1).

I minerali fossilizzanti più comuni sono il carbonato di calcio e la silice, deposti da acque che li contenevano in molecole solubili, ma esistono fossili di altra composizione, fra

(1) Non si rinvennero ossa umane probabilmente pel rispetto dei romani per il cadavere.

cui quelli bellissimi di pirite. Spesso questo minerale dai dorati riflessi è deposto in incrostazioni, come si verifica nei pesci conservati negli schisti bituminosi. A Mansfeld si trovarono dei pesci fossili con le squame spruzzate di pirite cuprifera ed argentifera.

Appartengono alle pietrificazioni i legni silicizzati di Arizona (V. *Mineralogia*).

Incrostazione. — Oltre alla semplice dissociazione, in certi casi il calcare si depose intorno all'animale che si decomponeva formando delle vere concrezioni. Così si spiega l'esistenza di pesci e di cefalopodi fossili nel *lias* della Normandia, contenuti *entro pietre*.

Impronte. — Sono le impronte dei piedi lasciate nel fango dei pantani, i cosidetti *passi di bue* di certi folklore, le traccie dello strisciare di vermi, di echinidi, ecc.

Fig. 111.
Impronte dei piedi di labirintodonte

I più antichi fossili sono forse appunto delle striscie di diversa fisionomia, per verità molto discusse, ritenendo invece alcuni che siano impronte di alghe.

Abbastanza frequenti sono le impronte di uccelli (fig. 110) del *labirintodonte* (fig. 111), conservate da sabbia che le riempì.

Generalmente più tardi fra la sabbia e l'argilla si fece un deposito ferruginoso.

Modelli. — Sono il riempimento di un vuoto, generalmente per opera del calcare.

Si trovano fossili per modello di conchiglie in cui:

1° si riempirono dal fossilizzatore gli anfratti;

2° l'acqua sciolse la conchiglia lasciando il riempitivo.

Carbonizzazione. — Nella mineralogia venne sufficientemente spiegato questo processo e si è notato anche la probabilità che in certi casi abbiano funzionato da fossilizzatore dei carburi d'idrogeno provenienti dagli strati inferiori.

(*st.*) Sebbene, come si verifica per molti fenomeni, alcuni precursori avessero giudicato giustamente della natura dei fossili, l'opinione predominante per lunga sequela di secoli fu che rappresentassero degli scherzi di natura, dovuti ad una speciale forza formatrice (*vis plastica* di Avicenna) tendente a dare alla natura certe forme speciali, quali si rivelano nella formazione degli animali e delle piante. Più tardi i fossili vennero considerati come prove del diluvio universale.

Leonardo da Vinci e Fracastoro non riuscirono a far prevalere la loro opinione che i fossili rappresentassero avanzi di esseri antichissimi, e furono proposte stranissime teorie, come quella di un'*aura* o fluido speciale, *aura seminalis*, che dal mare, penetrando negli strati della terra, aveva dato origine ai fossili, considerati ancora per lungo tempo come curiosità, come usò *Lazzaro Moro* in un grosso e curioso volume.

Teorie. — L'esistenza di fossili marini sui monti (1) intrigò a lungo i non credenti nel diluvio universale, prima che si pensasse alla possibilità di sollevamenti di fondi marini e si ricorda, come pura curiosità, la supposizione di Voltaire che fossero conchiglie perdute dai pellegrini antichi che andavano in Terra Santa.

L'origine dei fossili si collega ai fondamenti della geologia.

Come si sa il *Cuvier* (2) spiegò suggestivamente il fatto imaginando dei cataclismi, di cui l'ultimo sarebbe stato dall'uomo ricordato. Brogniart e Smith dimostrarono quindi che ogni epoca ebbe fossili speciali. Nel 1849 il *D'Orbigny* (3) insegnava che una prima creazione aveva avuto luogo per il siluriano e che dopo la sua distruzione, effetto di una causa sconosciuta, erano stati creati nuovi esseri pel devoniano, ed

(1) « . . . . . da l'elemento usato
Deluso il pesce, e sotto l'alta arena
Sepolto in pietra rigida si strinse. »

MASCHERONI.

(2) *Discours sur les révolutions du globe.*

(3) *Cours élémentaire de paléontologie et de géologie stratigraphiques.*

erano avvenute in tutto ventisette creazioni distinte. « Questo, egli scrive, è il fatto certo, ma incomprensibile, che io mi limito a constatare, senza cercare di penetrare il mistero sovrumano che lo circonda ».

Ma nè il Cuvier nè altri imaginarono mai che gli animali delle successive creazioni avessero una fondamentale fisiologia differente da quella delle corrispondenti specie attuali.

La *scuola attualista*, fondata da Prévost e da Lyell, è oggi universalmente riconosciuta e collega le trasformazioni della flora e della fauna fossili ai cambiamenti progressivi delle condizioni di ambiente, mentre una nuovissima scuola invoca anche dei periodi di *mutazione* rapidissima dei caratteri *specifici* (1).

Teoria evolutiva. — Partendo dal principio che le roccie stratificate sono tanto più antiche quanto più sono basse, la scienza trova nei fossili un forte appoggio alla teoria dell'evoluzione nella comparsa successiva di forme più complicate.

I fossili più antichi. — Si disputò a lungo intorno a certe impronte antichissime che vennero dapprima considerate come fossili e dette *Eozoon canadense*. Erano interpretate come fossili di un essere a protoplasma non differenziato ma vivente, che sarebbe comparso pel primo. Contemporaneamente si designò come una produzione vivente analoga e sotto il nome di *Bathybius* una sostanza gelatinosa che si estrae dai fondi marini.

Oggi si riconosce quasi da tutti che l'eozoon è una pseudomorfosi di natura cristallina.

Nel volume di zoologia si trattò delle idee proposte per spiegare la comparsa dei primi viventi sulla terra; fra i fossili i primissimi viventi sono ancora oggetto di dubbio se fossero animali o vegetali. Naturalmente si deve ammettere *a priori* la comparsa anteriore di vegetali che servirono più tardi al nutrimento degli animali.

Mezzi di difesa. — Gli esseri dei tempi antichi sono spesso molto più difesi di quelli delle epoche posteriori. Esistevano

(1) Teorie di De Vries e di Metchnikof.

allora i corallari *tabulati*, muniti di lamine orizzontali o *traverse* che collegano i dissepimenti verticali e fra gli stessi corallari la *calceola sandalina*, avente un opercolo: vi furono degli echinodermi *cistidei*, assai meglio protetti degli attuali. La conchiglia, rarissima nei nostri cefalopodi, è frequente in quelli fossili. I primi pesci ebbero uno scheletro cutaneo (fig. 112), disposizione oggi ridotta a poche specie.

Fig. 112. Pterichthys — A.

Fisiologia, costumi, ecc. — In qualche caso la paleontologia può assorgere a deduzioni fisiologiche.

Così dall'aver trovato scheletri di feti nella parte addominale di certi rettili secondari si conchiude che erano animali vivipari.

Gli escrementi fossili o *coproliti* degli stessi rettili, avendo forma spirale, fanno indurre ad una valvola spirale dell'intestino e quindi ad una minore voracità di quella che si supponeva in essi.

I primi mammiferi carnivori hanno denti paragonabili a quelli delle iene (*creodonti* di Cope) e furon quindi principalmente distruttori di cadaveri.

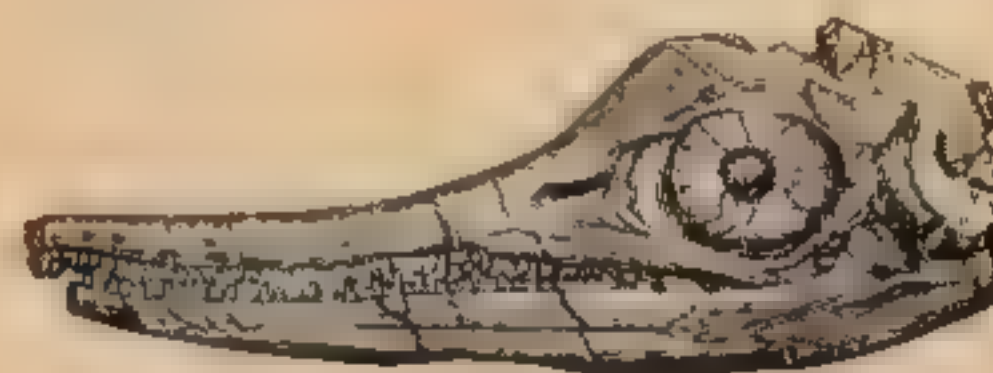



Fig. 113. Lamine ossee della cornea di ittiosauro.

L'esistenza di lamine ossee (fig. 113) attorno all'occhio degli ittiosauri non si può spiegare che come un meccanismo di adattamento del cristallino. Quanto all'intelligenza conviene notare la piccolezza della cavità del cranio nei vertebrati antichi. Talvolta l'encefalo era minore del midollo spinale.

Lo sviluppo della ghiandola pineale od epifisi fu enorme, e noi ricorderemo come quest'organo sia in parte fatto da un terzo occhio atrofico che conserva ancora un certo sviluppo nei nostri sauri.

Similmente il Portis potè dare una nuova interpretazione a certe vertebre di sirenoidi, che presentano delle intaccature

attribuite da molti a colpi di ascia di pietra, mentre invece sono il morso di giganteschi squali di cui si rinvennero per caso i denti triangolari, staccati dai mascellari nell'atto del mordere, ed anch'essi fossilizzati.

Esseri giganteschi. — È molto sparsa la credenza che vi sia stato un tempo in cui gli animali ebbero tendenze al gigantismo (1). Invero si trovarono fra i fossili specie in dimensioni molto maggiori delle attuali, ma corrispondenti ad *epoche differenti*.

L'antichità considerò come ossa di giganti i femori dei proboscidati fossili (2) e questi avanzi ebbero anche uso in medicina ridotti in polvere.

I diversi gruppi ebbero i loro casi di gigantismo in epoche differenti. Per alcuni, come per gli *echinidi*, le specie di maggiori dimensioni sono invece proprie dei nostri tempi.

Fig. 114. Ittiosauri.

L'osso più lungo di mammifero sinora scoperto raggiunge m. 1,35 (Gaudry).

Fra gli esempi di fossili giganteschi si citano certi trilobiti lunghi 70 centimetri; gli insetti del devoniano del Canadà di 70 centimetri e il genere *Titanophasma* del carbonifero (75 centim.). Fra i brachiopodi il *Productus giganteus* di 30 centimetri.

—

(1) « Natura certo, quando lasciò l'arte
Di siffatti animali, assai fe' bene,
Per tôr via tali esecutori a Marte. »
DANTE.

(2) Svetonio descrive la villa d'Augusto a Capri, adorna di ossa di giganti.

Nell'èra secondaria i rettili ottennero enorme sviluppo coi plesiosauri e gli ittiosauri (fig. 114) lunghi talora 8 metri, i mosasauri di 15 metri e gli atlantosauri di 24 metri di lunghezza totale.

Benchè si trovino fossili di rettili volanti o pterodattili che dovevano avere 6 metri di apertura di ali non esistono avanzi di uccelli giganteschi che fossero buoni volatori. Quei pochi che esistevano (*Epiornis*) erano dell'ordine dei corridori.

Fig 115 Labirintodonte.

Fra gli anfibi assai grossi, aventi quasi le dimensioni di un bue, si nota il labirintodonte (fig. 115) di cui si conservano le impronte, come già fu detto, e son frequenti i denti fossili foggiati a raggi (fig. 116).

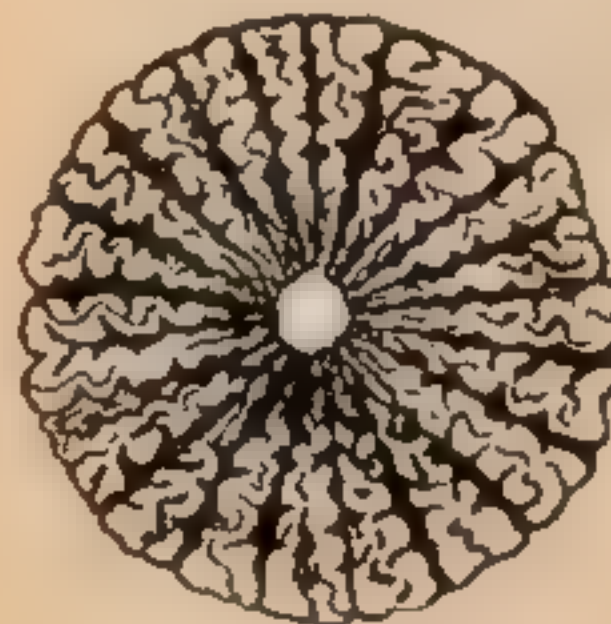



Fig 116. Dente di labirintodonte.

Forme di passaggio. — Le lente trasformazioni dei caratteri sono attestate dalle cosidette forme di passaggio.

Tale è per esempio l'*Archæopteryx*, dei SAURURI, munito di denti, con scheletro simile a quello dei rettili (fig. 117) scoperto solo in due esemplari. Gli artigli anteriori, di cui doveva ottimamente valersi per rampicare, hanno tutti i caratteri di quelli dei rettili: l'occhio ha un anello osseo, il becco è munito di veri denti, il cranio è simile a quello degli uccelli, ma non vi sono ossa pneumatiche. Le penne di cui era vestito e che formano le ali ed una lunga coda erano simili a quelle degli uccelli.

Importanza geologica dei fossili. — Esistono fossili esclusivi di un dato terreno e che giovano a stabilirne l'*epoca* ed a fissare in quali condizioni si sia formato.

Si considerano come della medesima epoca tutti i terreni che conservano gli stessi fossili (1).

Specie scomparse. — Numerose sono le specie scomparse, che soccombettero nella *lotta per la vita*; benchè in quei tempi antichissimi la distruzione dei carnivori non abbia grande importanza per il predominio degli erbivori, e la trasformazione di certi onnivori in erbivori sia stata talora, come nei

Fig. 117. *Archæopteryx* ricostruito — *A.*

solipedi, accompagnata da un progresso nella velocità, giovevole alla ricerca di nuovi pascoli.

Non si spiega perfettamente la cessazione di tutti gli animali giganteschi.

Anche alcuni gruppi, che furono abbondantissimi, scomparvero del tutto, come ad esempio i *trilobiti*, oggi rappresentati solamente da una forma embrionale dei crostacei.

I *crinoidi* (fig. 118) fra gli echinodermi, di cui si trovano enormi quantità di fossili, sono oggi rappresentati appena da alcune specie viventi nei fondi circumpolari ed in quelli oceanici

(1) Paolo Lioy scrisse un eccellente divulgamento della paleontologia sotto il titolo di *Una escursione sotterra*. Sono note a tutti le belle poesie dello Zanella. Mascheroni stupendamente accenna ai fossili.

« L'ostrica allor sulle pendici alpine
La marmorea locò famiglia immensa ».

Anche nell'età nostra d'altronde alcune specie vennero distrutte o sono in via di estinzione.

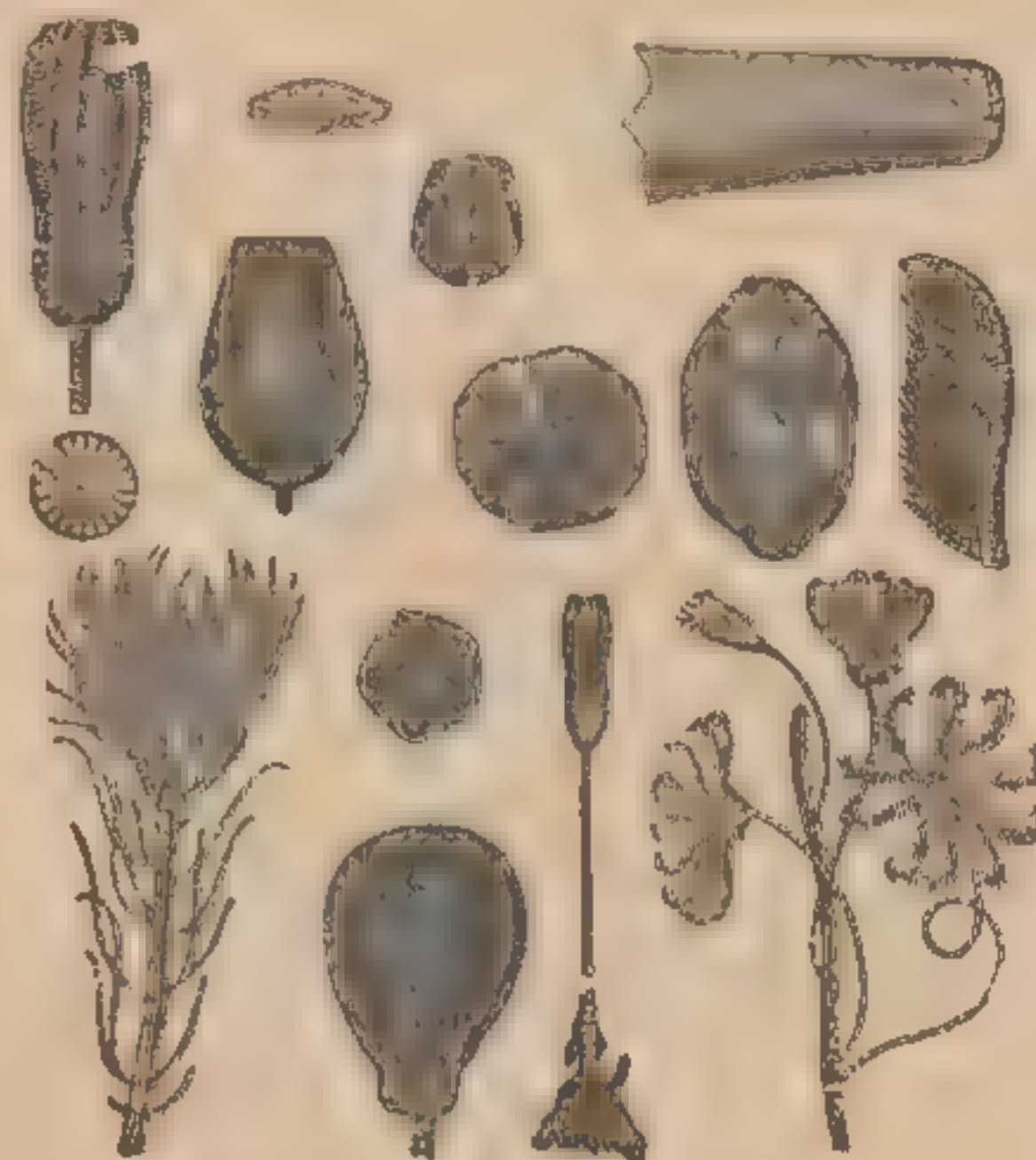



Fig. 118. Crinoidi ed altri echinodermi fossili — *A.*

Fossili vegetali. — Si conservarono specialmente le alghe che s'incrostano di calcare, le caracee, le diatomee dal guscio siliceo.

Fig 119 Felce

Le *felci* (pteridofite) (fig. 119 e 120) acquistarono un enorme sviluppo all'epoca della formazione del carbon fossile e rimangono traccie numerose di *Calamites*, di lepidodendri, di sigillarie (fig. 121).

Queste crittogame ottennero anche un notevole sviluppo nelle dimensioni e moltissime raggiunsero l'altezza di alberi. Per la loro struttura primaria erano soggette alla facile decomposizione del cilindro midollare dopo la loro morte, mentre lo strato corticale, molto consistente, potè più facilmente conservarsi con i suoi caratteri anatomici.

Per tal modo si spiega l'abbondanza di cortecce fossili,

Fig. 120 Felce.

talora anche ripiegate su di sè stesse, negli strati del carbonifero.

Pare che alcune di queste piante fossero acquatiche, vivessero cioè con la parte inferiore immersa nelle lagune che circondavano i continenti, e venissero circondate dal sedimento organico deposto nelle acque stesse.

Contemporaneamente apparvero le prime gimnosperme con le *cordaiti* (fig. 122).

Anche le cordaiti presentavano abbondanza di midollo, atto a disfarsi in una sostanza farinosa dopo la morte della pianta.

Delle gimnosperme, siccome si sa dalla *Botanica*, sopravvissero poche specie. Poco dopo appariscono i primi esempi di

conifere, destinate a sopravvivere e ad avere grande estensione anche nell'èra nostra.

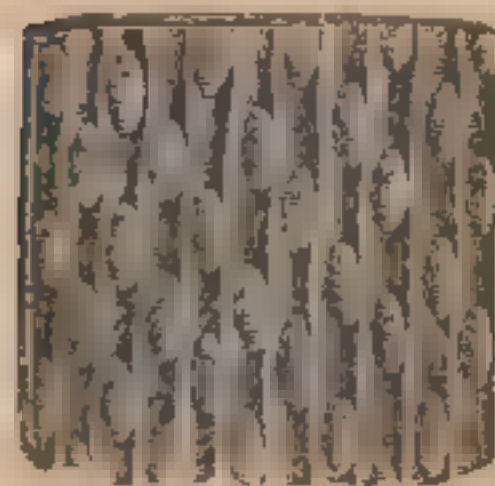



Fig 121 Cortecce di sigillaria.

La flora del carbon fossile è limitata dalla comparsa delle conifere. Sappiamo come questa qualità di carbone, per l'abbondanza di *C* nonchè per le materie bituminose che contiene, abbia dato motivo a supporre che sia stato compenetrato da carburi d'idrogeno che funzionavano anche come elemento conservatore.

Recentemente si avviò lo studio delle batteriacee fossili che abbondano nel carbone ed in altre roccie, e Van Thieghem ottenne anche di coltivare simili microrganismi ricavati da antichissime roccie, unico esempio di un fossile rimasto allo stato di vita latente.

Fig. 122. Cordaite.

ÈRE GEOLOGICHE

Gli strati rocciosi si deposero per ordine di tempo; perciò, nel cosidetto *libro di natura*, più si discende sotterra e più si trovano pagine o strati antichi.

Se poco si sa della geologia profonda, le nostre cognizioni sarebbero ancora più limitate, cioè si arresterebbero a quei due chilometri di profondità a cui si riescì coi pozzi delle miniere e coi tunnel, ove non fossero avvenuti movimenti della crosta terrestre che aprirono spaccature, e qua e là sollevarono degli strati profondissimi. Si è mercè di questi affioramenti di terreni antichissimi che si potè ricostituire in una serie di *ère* la storia del globo.

La *stratigrafia*, cioè lo studio della successione evolutiva degli strati delle roccie di formazione acquea, divide la crosta terrestre in strati corrispondenti cronologicamente a

Ère
Periodi
Epoche
Età

Nella formazione di ogni periodo si impiegò un certo tempo, determinabile solamente con una certa probabilità, essendo ardua la cronologia dei fenomeni geologici, dedotta dal tempo impiegato nello svolgersi dei fenomeni attuali.

La cronologia, ad esempio, si vale:

1° del tempo ora impiegato nel deporsi di uno strato di un certo spessore in un mare od in un lago, nella formazione di una massa alluvionale, ecc.;

2° del tempo necessario alla consumazione di un certo spessore di una roccia per opera dell'aria e dell'acqua;

3° del tempo necessario allo sviluppo di certe produzioni organiche, come i banchi di ostriche, di coralli, ecc.

La divisione universalmente accettata è riassunta nella tavola seguente:

Ère	Periodi	Epoche	Età
Arcaica . . .	1 Laurenziano		
	2 Husoniano		
Paleozoica o primaria	1 Cambriano		
	2 Siluriano		
	3 Devoniano		
	4 Carbonifero		
	5 Permiano		
Mesozoica o secondaria.	1 Triassico		
	2 Giurassico		
	3 Cretaceo		
Cenozoica o terziaria.	1 Eocenico		
	2 Miocenico		
	3 Pliocenico		
Neozoica o quaternaria	1 Diluvio glaciale		
	2 » alluviale	1 Preistorica	1 Archeolitica
			2 Neolitica
			3 Paleolitica
		2 Storica	4 Età del ferro

L'èra arcaica è priva di ogni avanzo fossile, seppure non si vogliono considerare come *fossili chimici* la *grafite* e l'antracite che vi si trovano. L'esistenza infatti di carbone può far indurre all'esistenza di vegetali, e sappiamo come l'Acheson abbia ottenuto col calore, della vera *grafite artificiale*. Questo strato ha lo spessore di 15 chilometri ed è composto di graniti, gneiss e schisti cristallini.

L'èra paleozoica corrisponde a 25 chilometri di strati. Nel cambriano predominano i trilobiti fra le quarziti e le puddinghe; nel siluriano i foraminiferi, i coralli, le spugne, echinodermi, brachiopodi, molluschi, e cominciano i pesci; nel devoniano si trovano ammoniti, numerosi pesci, alcuni insetti. Nel carbonifero vi sono insetti, ragni, miriapodi e gasteropodi.

Passando al permiano ecco i primi anfibi e numerosi pesci di nuova specie.

Nell'èra mesozoica si deposero 7 chilometri di terreno. Nel triassico abbondano ammoniti (fig. 123), pesci ganoidi e selaci rettili colossali e comparvero i primi mammiferi (monotremi). Nel giurassico vi sono i primi teleostei, l'*Archaeopteryx*, e piccoli mammiferi dei più bassi ordini. Vi compariscono le prime piante monocotiledonee.

Fig. 123. Ammonite

Nel cretaceo abbondano le roccie calcaree, vi si trovano fossili speciali, come le *ippuriti* ed appaiono le cupolifere, ed altre piante arboree.

L'èra cenozoica ha circa 6000 metri. L'eocenico ha abbondanza di nummuliti e di mammiferi fino alle scimmie; il miocenico ed il pliocenico sono sempre più simili per i loro prodotti all'èra presente.

Le prime traccie dell'uomo si trovano nel periodo dell'èra *neozoica*, a cui corrisponde il *diluvium*, cioè la produzione di enormi quantità di depositi alluvionali.

La successione delle forme minerali è però dettagliatamente spiegata nella seguente rapida rivista.

Era primaria.

Il fatto più meritevole di considerazione per il biologo è l'abbondanza e la varietà che subito si manifesta negli strati di formazione più antica. Se si ammette la teoria dell'evoluzione non si può spiegare un'esuberanza di forme senza l'esistenza precedente di esseri più semplici di cui non vennero ancora scoperti i fossili.

La vita ebbe sua prima origine nelle acque e noi troviamo che nelle faune primarie predominano appunto gli invertebrati acquatici e fra questi i marini.

Le forme terragnole (scorpioni, insetti) comparvero solamente quando la vegetazione aveva già un notevole sviluppo sui continenti.

I principali tipi fossili di quest'èra sono:

1° I trilobiti.

Formano un grande numero di specie tutte proprie di questo periodo. In generale sono lunghi pochi centimetri ed il loro corpo è nettamente diviso in tre lobi, mentre nel senso della lunghezza vi si distingue un capo, un tronco, un torace ed un addome o *pigidio*. La testa in molte specie ha due prolungamenti laterali e degli occhi composti.

Oltre ai trilobiti (fig. 124) vi si trovano i *gigantostraci*, crostacei che raggiunsero *due metri* di lunghezza.

2° I brachiopodi.

3° I cefalopodi tetrabranchiati, assai simili agli attuali nautili.

Vi sono abbondantissimi i coralli ed i foraminiferi (fusoline). I crostacei macruri (simili ai gamberi) comparvero verso la fine dell'èra.

Fig. 124 Trilobite — A.

Si trovarono miriapodi nel carbonifero, e probabilmente provennero dai crostacei siluriani. I primi aracnidi furono gli scorpioni (carbonifero).

Nel carbonifero gli insetti sono già abbondanti ed alcuni, giganteschi, appartengono specialmente agli ortotteri ed ai neurotteri.

Fatti notevoli sono:

a) in molte specie delle branchie tracheali (simili a quelle delle larve delle efimere) anche nell'insetto perfetto;

b) appendici sul primo anello del torace, che probabilmente rappresentano *un terzo paio di ali*.

Fra i brachiopodi sono notevoli gli *Spiriferi*, i *Productus*, esclusivamente primari.

I cefalopodi tetrabranchiati probabilmente mancavano di becco corneo; avevano la conchiglia concamerata e nelle tre forme seguenti:

1° avvolta a spira;
2° inflessa;
3° dritta.

I primi pesci furono quelli a scheletro cartilagineo.

Dapprima comparvero i selaci, ma con colonna vertebrale non ancora divisa in dischi e la coda senza lobi. Vi esistevano i *ceratodus* (dipnoi) di cui una specie ancora trovasi vivente nell'Australia, respirando volta a volta per polmoni (1) o per branchie.

Alla fine dell'èra compariscono i selaci a coda eterocerca, cioè divisa in due lobi di cui il superiore più lungo.

Di questi sono frequenti i denti triangolari fossili.

I ganoidi (es. storione) coperti da placche di smalto hanno pure coda eterocerca e son frequenti nel carbonifero (*Palaeoniscus*).

Sono abbondanti i placodermi, pesci corazzati da placche ossee oggi rappresentati da poche specie agilissime. Alcuni (*Cephalaspis*) hanno due metri di lunghezza e una analogia di forma del capo coi trilobiti.

Gli anfibi primari sono gli *stegocefali* aventi il capo protetto da placche ossee. Vi appartennero i labirintodonti.

Alla fine del carbonifero comparvero i primi rettili.

Era secondaria.

I fenomeni biologici più importanti sono:
1° enorme sviluppo di cefalopodi dibranchiati:
2° numerose specie di rettili
3° comparsa dei vertebrati a sangue caldo.

Mancano i trilobiti, i *productus*, gli *spiriferi*.

Ammoniti. — Per la loro abbondanza vennero in tutti i tempi osservati. Sono dibranchiati con conchiglia ravvolta a spira in un piano. Generalmente i fossili sono dei modelli interni. Il loro diametro varia da 5 a 10 centimetri; ma se ne trovano pure di *due metri*. Parecchie analogie inducono a

1) La vescica natatoria funziona da polmone.

mettere questi animali fra i dibranchiati (es. calamari, seppie). I sepimenti interni delle conchiglie erano sinuosi.

Belemniti (fig. 124). — Avevano una conchiglia interna simile a quella dei calamari che si trova abbondantissima allo stato fossile.

Fig. 124 Belemnite.

Si trovano anche le impronte del loro corpo con dieci tentacoli e due pinne laterali.

Abbondano i molluschi bivalvi. Gli ostreidi cominciano nel giurassico col genere *Grifea* (fig. 125) e raggiungono enorme sviluppo nel giurassico superiore.

Fig. 125. Grifea.

Notiamo i *Diceras* e le *Ippuriti*. Numerosi sono gli echinodermi, comprendenti crinoidi, echinidi (in cui anche l'ano si trova sulla faccia inferiore del guscio) regolari ed irregolari.

Fra i protozoi abbondano le *nummuliti*.

Rettili. — Alcuni enormi vennero detti *dinosauri*.

Si dividono in acquatici e volanti.

Ittiosauri. — Il loro scheletro ha qualche analogia con

Fig. 126 Plesiosauro.

quello dei delfini, ma hanno 4 estremità foggiate a pinne e vertebre biconcave. Erano carnivori.

Plesiosauri. — La testa è piccolissima (fig. 126) ed il collo molto lungo probabilmente aveva la flessuosità di quello dei cigni (fig. 127).

Mosasauri. — Rettili marini (fig. 128).

Teleosauri — Lunghi talora 8 metri, avevano un muso allungato simile a quello dei gaviali.

Pterodattili. — Rettili volanti (fig. 129) con testa simile a quella degli uccelli ed ali di pipistrello. Generalmente erano piccoli (20 centimetri).

Fig. 127. Plesiosauro.

Dinosauri. — Il femore dell'atlantosauro è lungo 3 metri e largo 60 cm.

Fig 128 Cranio di Mosasauro.

Stegosauro — (10 metri). Portava delle placche ossee verticali che formavano una cresta lungo la spina dorsale. Si teneva dritto sulle zampe posteriori.

Uccelli. — Gli uccelli secondari erano muniti di denti e di sterno non carenato.

L'archeopterice sarebbe una forma intermediaria fra gli uccelli ed i rettili.

Mammiferi. — Hanno grandi analogie coi marsupiali che oggi vivono in Australia (eccetto la sariga che è americana).

I mammiferi probabilmente derivarono dai rettili o dagli anfibi.

In favore della prima ipotesi si nota che molti rettili permiani offrono già la differenza dei denti incisivi, canini e

Fig 1. Pterodattilo

molari e che se l'ornitorinco e l'echidna non hanno denti allo stato adulto, ne presentano tuttavia un germe allo stato di embrione.

Per la discendenza dagli anfibi sta il fatto che questi animali hanno, come i mammiferi, due condili occipitali.

Era terziaria.

Compaiono i mammiferi ungulati.

Vi è grande abbondanza di gasteropodi.

Scompaiono le ammoniti e le belemniti si fanno rare.

Protungulati. — Notiamo il *Dinoceras*, grosso come un elefante (America) con tre paia di corna ossee sul capo.

I carnivori sono rappresentati dagli anoploteri (fig. 130). Sono frequenti i paleoteri (fig. 131).

Perissodattili. — Si trovano rinoceronti, *brontoterii* delle dimensioni degli elefanti con un cervello piccolissimo e compariscono gli *equidi.*

I ruminanti sono abbondantissimi.

Fig. 130. Anoploterio

I bovidi succedono agli antilopini, a quel modo che il vitello ha dapprima il cranio conformato come quello delle antilopi.

Fig. 131 Paleoterio

Proboscidati. — I mastodonti (fig. 132) hanno i molari tubercolati e zanne anche al mascellare inferiore.

I *dinoteri* (fig. 133). - Potevano superare i 4 metri di altezza e non avevano zanne che alle mandibole.

Gli elefanti raggiunsero considerevoli dimensioni. Gli Elephas meridionali, avevano zanne lunghe 2 metri.

Fig. 132. Mastodonte.

Èra quaternaria.

Due episodi importanti sono:
1° la comparsa dell'uomo:
2° l'epoca glaciale.

Fossili europei:

Il *mammout* oggi scomparso definitivamente, raggiunse l'altezza di metri 4,50, ma esistevano anche *piccoli elefanti*, come quello di Falconer scoperto nell'isola di Malta, alto appena un metro.

Fig. 133. Dinoterio.

Si trovarono ancora avanzi della sua pelle che aveva una fitta pelliccia. L'elasmoterio della Russia portava sul cranio (un metro di lunghezza) un'enorme protuberanza frontale.

Vivevano in Europa parecchie specie di rinoceronti, fra cui il *Rhinoceros tichorhinus*, dal setto nasale completamente ossificato per sostenere due pesanti corna dell'altezza di un metro.

Esisteva abbondante l'orso speleo ed il *Machairodus*.

Fossili americani:

La fauna fossile dell'America del sud abbonda di grossi sdentati. Tale il *Glyptodon* (fig. 134) difeso da un guscio dorsale, che poteva esser lungo un metro e mezzo, il megaterio (fig. 135) lungo 4 metri ed alto 2

Fossili australesi:

Abbondano naturalmente i marsupiali.

L'uomo esisteva al principio dell'èra quaternaria già prima dell'epoca glaciale (1).

Attualismo. — In questa sequela di ère non avvennero per regola cambiamenti universali, simultanei: la superficie della terra si trasformò a poco a poco e prima in un luogo e poi in un altro. I diversi periodi geologici sono molto simili per i fenomeni che presentarono, e le cause che li produssero sono identiche a quelle che attualmente agiscono.

Fig. 134. Glyptodon.

A questa teoria dell'*attualismo* precedettero altre, secondo le quali ogni periodo geologico avrebbe avuto le sue forze ed i suoi fenomeni.

Così per ispiegare la formazione di enormi quantità di carbon fossile si pensò che l'aria atmosferica del periodo carbonifero fosse molto più densa di CO^2, contenendo tutto il C che si trova nel carbon fossile in forma di carbone e di carburi d'idrogeno.

Non si considerava che gli animali non avrebbero potuto esistere, che le piante stesse non reggono a grandi aumenti di questo gas, che la pressione atmosferica sarebbe stata enormemente maggiore.

(1) Le nozioni di antropologia, di secondaria importanza nel programma, saranno svolte in un volumetto a parte dallo stesso autore.

Sappiamo invece della continua produzione di CO^2 della terra, e della formazione del bicarbonato onde l'aria doveva avere allora uguale quantità di quel gas.

Così il fenomeno glaciale non fu, siccome si ebbe a credere, universale, cioè la terra non fu tutta coperta dai ghiacci nel medesimo tempo.

Non risulta che vi siano stati fiumi enormemente superiori a quelli che ora scorrono, nè che i mari abbiano mutato di

Fig. 135. Megaterio.

composizione (1), nè che le correnti marine siano state più rapide, nè che il vento abbia avuto maggior forza.

Non vi fu per le roccie un'*epoca metamorfica*, siccome pure si suppose da scuole non del tutto abbandonate.

Il metamorfismo avvenne in modo continuo.

Il fango che si deponeva nel periodo siluriano è simile a quello di molti fondi attuali. Ma sovra quel fango si deposero

(1) Secondo alcuni geologi il mare sarebbe stato ora ricco di composti ferruginosi (toarciano), ora di fosfato di calcio (senoniano), nè mancò l'ipotesi che nel permiano le acque marine, diventate velenose per la soluzione di composti arsenicali, antimoniali, piombici e di mercurio, abbiano prodotto una grande mortalità di animali marini. Secondo Elia di Beaumont all'era attuale spettava la produzione dei delta come fenomeno esclusivo, come se i fiumi delle altre ere non avessero obbedito alle leggi della gravità e della resistenza.

altri strati ed il fango siluriano subì gli effetti della pressione e del calore. Allora una parte dell'argilla, come risulta dalle esperienze (Sénarmont) diede veri composti cristallizzabili che ora si trovano nelle ardesie e che si formarono in tempi molto posteriori al periodo siluriano.

La pressione poi determinò la struttura schistosa, cioè lamellare dell'argilla che si trasformava in ardesia.

L'ipotesi che il mare contenesse acqua ferruginosa in un dato periodo (toarciano) venne ammessa per ispiegare l'esistenza di enormi depositi di ferro oolitico, quasi puro, fra cui si

Fig. 136. Torbiera.

trovano fossili fatti pure di ossido di ferro. Ora ben diversamente avvenne.

Le ooliti ed i fossili furono dapprima dei sedimenti calcarei: quindi vennero attraversati da acque ferruginose calde che lentamente operarono la sostituzione della loro materia al calcare che venne sciolto ed asportato.

Influenza degli organismi. — Nell'evoluzione della crosta terrestre una parte spetta agli esseri organici in cui si trova la duplice funzione della distruzione e della ricostruzione.

Come esempi di animali demolitori si citano i cosidetti molluschi litofagi, i ricci di mare di cui alcune specie scavano nicchie nelle roccie, e le stesse chiocciole che intaccano le roccie calcaree.

Per altra parte la simbiosi dei licheni è il primo passo che prepara la distruzione delle rocce e la loro conversione in terra vegetale.

Fra i fenomeni di costruzione notiamo:

1° la produzione di torba per opera degli sfagni (fig. 136);

2° gli animali cementanti, capaci in breve tempo di fissare dei materiali instabili all'urto delle onde, per esempio delle isole o dei banchi di pomici.

Le idee di Darwin sulla formazione delle isole di corallo erano quasi universalmente accettate; oggi troviamo opposte a queste idee delle osservazioni che certamente hanno una grande importanza.

Ricordiamo che, secondo il Darwin ed il Dana (1), tutta l'attività coralliana si collega ai fenomeni di abbassamento del fondo dell'Oceano.

John Murray, appartenente alla spedizione del Challenger, si occupò di queste formazioni a Taïti, e pose delle obbiezioni. Agassiz Alessandro confermava questi appunti nei suoi studii sugli scogli a polipai della Florida; finalmente il Geikie riassunse alla Società Reale di Edimburgo le osservazioni più serie, a cui necessariamente conviene aver riguardo prima di sposare definitivamente un'idea. Gli esseri costruttori delle isole non possono svilupparsi se la temperatura media discende sotto i $+20°$; non reggono ad una profondità maggiore di 40 metri; abbisognano di acque pure e di onde agitate.

Gli scogli di corallo possono dividersi in: 1° scogli marginali, che circondano la riva a piccola distanza; 2° scogli barriere, ad una certa distanza dalla riva; 2° attolli circolari, che isolano un tratto di mare in cui talora si trovano una o più isolette.

Il Darwin aveva notato che il margine esterno era spesso verticale.

(1) *Corals and Coral-islands*. London, 1872.

La lunghezza ordinaria delle corde adoperate negli apparecchi di esplorazione generalmente non riesciva a toccare il fondo e da quelle profondità non si potevano estrarre dei coralli viventi; ma i saggi di calcare che venivano sollevati erano identici a quello che si trova nelle parti superiori, in modo che non si poteva negare a queste produzioni biologiche una profondità di 200 o 300 metri. Per altra parte si trovano anche nel Pacifico degli scogli corallini che vennero sollevati a grandi altezze sopra il livello del mare.

L'ipotesi di Darwin spiegava queste contraddizioni coll'abbassamento lento del bacino del mare. Ora i coralli producono regolarmente 1 a 2 centimetri di spessore all'anno: se l'abbassamento del fondo non è troppo rapido, cosicchè una parte dei coralli si trovi nelle condizioni biologiche necessarie, l'altezza dello scoglio verrà continuamente crescendo. Un metro corrisponde a 70 anni; 100 metri a 6,700 anni.

I coralli che si sviluppano sul piano inclinato che delimita l'isola formeranno gli scogli marginali; lo spazio che rimane sarà da attribuire all'effetto delle impurità trascinate dalle acque di pioggia. Continuando ad abbassarsi l'isola, questi scogli si allontaneranno e si formeranno così gli scogli barriera; l'ultimo risultato sarà quello degli attolli, ed un di forse il lagone centrale sarà riempito da materiali eolici.

Così gli scogli sarebbero, come dice il Dana, monumenti sepolcrali di un'isola morta.

L'Agassiz trovò nel 1463 che queste teorie non si potevano applicare agli scogli della Florida.

Il Semper notava nell'arcipelago delle isole Pelew la esistenza di tutti i tipi di scogli, senza che vi si potesse affermare un abbassamento; nel 1870 Rein sosteneva che le Bermude potevano essere effetti di un acrocoro marino su cui si erano sviluppati molluschi e coralli.

Nel 1880 il Murray (1) osservava che non v'ha nel Pacifico alcun indizio di un continente antico e che le isole a cui gli scogli sono uniti sono tutte di origine vulcanica. Oggidì si sa che, dove il fondo del Pacifico non è fatto di fango a

(1) *Proceedings of the Royal Society of Edimburgh*. X.

globigerine, si trovano solamente dei residui vulcanici. Dunque perchè gli scogli corallini non si sarebbero formati sopra prodotti vulcanici? Alcuni di questi ammassi vennero distrutti sino alla profondità della calma perenne, e sulle superficie piane i coralli trovarono eccellenti condizioni per svilupparsi.

Abbiamo delle prove che le acque ricche di materie organiche, come la corrente calda del Gulf-Stream (spedizione del *Blake*), depositano degli strati di carbonato, provenienti dalle foraminifere, che a loro volta danno nutrimento a molluschi, polipi, raggiati, che lasciano le loro spoglie ed innalzano il fondo.

L'Agassiz osservò la stessa cosa nel mare della Antille (1) fra 500 e 2000 metri e la spedizione del Challenger verificò fatti simili sotto la corrente calda del Giappone.

Queste condizioni hanno potuto alzare il fondo sino al livello batimetrico necessario allo sviluppo dei coralli.

Lo sviluppo maggiore all'esterno è conseguenza del bisogno che i polipi hanno di un'acqua agitata. Nel centro rimane una cavità. Le particolarità degli attolli e la loro distribuzione dipenderanno dalla configurazione e dalla posizione dei materiali vulcanici.

La grande estensione di certi scogli si spiega dopo le osservazioni del Murray. Egli trovò che questi scogli *non sono tagliati a picco*, siccome diceva il Darwin, che fino a 60-70 metri. Più basso vi è una dolce pendenza, su cui si trovano prima dei *massi coralliferi*, staccati dai molluschi perforanti e dall'onda, e più basso ancora dei *materiali vulcanici*.

Ecco quindi spiegato il successivo allargamento degli scogli. I massi caduti possono servire di sede a nuove produzioni di corallo, e così si formeranno nuove colonie fondate sopra questi ammassi cementati insieme dalle acque calcaree.

Il Gouny osservò che nelle isole Salomone degli antichi scogli ora sollevati hanno uno strato insignificante di coralli *sopra un calcare terroso* fatto di foraminiferi e di organismi pelagici.

In conclusione vi fu prima eruzione vulcanica, poi stratificazione organica, quindi i coralli, quando furono raggiunte

(1) V. *Transac. of the American Academy*, XI.

Fig. 137. Attolli.

le 20 braccia di distanza dal livello; inoltre l'acqua eminentemente mineralizzata avrebbe cementato le diverse costruzioni.

Prodotti vulcanici, come lo stesso Darwin notava, gli attolli sarebbero piuttosto una prova di sollevamento che dell'abbassamento dell'Oceano.

Le linee vulcaniche corrispondono sempre a delle rughe in fase di sollevamento. Gli scogli coralligeni corrispondono a delle linee di dislocazione tuttora sommerse, le cui fessure hanno dato passaggio a delle uscite vulcaniche.

3° Il guano, prodotto da uccelli acquatici.

4° I banchi, i cordoni litorali e le isole di corallo (fig. 137) spesso in forma di attolli, prodotti dallo sviluppo di polipi in condizioni opportune di pressione (< 10 m.), di temperatura, di purezza e di agitazione dell'acqua.

Certi strati sono fossiliferi al punto da poter essere considerati come tutti di origine organica. Nè sono solamente di conchiglie: si trovano dei veri ossuari di mammiferi terragnoli (Pikerni) o di cetacei (Anversa).

In varie occasioni abbiamo dovuto accennare agli strati di diatomee fossili su cui sono costrutte alcune città e vedemmo nel fondo degli oceani deporsi attualmente uno strato di roccia di produzione organica.

INDICE